José María López Sancho
Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Serie
EDUCADORES
4

La Naturaleza del Conocimiento...

Clave para entender el proceso de aprendizaje

EDITORIAL CCS

Página web de EDITORIAL CCS: www.editorialccs.com

© José Mª López Sancho

© 2003. EDITORIAL CCS, Alcalá, 166 / 28028 MADRID

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra sin contar con autorización de los titulares de la propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (arts. 270 y ss. del Código Penal). El Centro Español de Derechos Reprográficos (www.cedro.org) vela por el respeto de los citados derechos.

Portada: Concepción Hernanz (Oficina Técnica CCS)
Ilustraciones de portada e interior: Luca Landi
ISBN: 84-8316-673-9
Depósito legal: M-31877-2003
Fotocomposición: M&A, Becerril de la Sierra (Madrid)
Imprime: Franjograf S.L. (Madrid)

José María López Sancho
Consejo Superior de Investigaciones Científicas

LA NATURALEZA DEL CONOCIMIENTO

Clave para entender el proceso de aprendizaje

Adaptación didáctica:
Mª José Gómez Díaz y José Manuel López Álvarez

EDITORIAL CCS

Colección
CIUDAD DE LAS CIENCIAS

Dirige: donbosco CES Colabora: Grupo de Didáctica del Imaff

Colección de libros de Metodología Didáctica para la enseñanza-aprendizaje de las Ciencias y de Matemáticas pensados para la adquisición, el descubrimiento y la construcción de los conceptos científicos. Dirige el Departamento de Ciencias del CES «Don Bosco» de Madrid y colabora el IMAFF (Instituto de Matemáticas y Física Fundamental) del CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) de España.

Serie EDUCADORES

1. ***La numeración y las cuatro operaciones matemáticas.*** J. A. Fernández Bravo.
2. ***Secuenciación de contenidos matemáticos I.*** J. A. Fernández Bravo / S. Atrio / F. Bandera
3. ***Hablando de inventos...*** A. Rodríguez / A. Mª Rodríguez / F. López / M. Fernández / M. Romera
4. ***La naturaleza del conocimiento.*** J. Mª López Sancho

Serie ALUMNOS

1. ***Numerator.*** J. A. Fernández Bravo. J
2. ***Un pez chiquitín llamado Benjamín.*** E. Díaz / M. Sánchez / N. Sanz. C
3. ***Las nubes del país de la fantasía virtual.*** J. A. Fernández Bravo. C
4. ***La tortuga Botarruga.*** J. A. Fernández Bravo. C
5. ***El hipopótamo gracioso y fuerte.*** J. A. Fernández Bravo. C
6. ***Los animales que se escaparon del circo.*** J. A. Fernández Bravo. C

NOTA: J = Juego, C = Cuento

Ficha del libro

Título

La Naturaleza del Conocimiento.
Clave para entender el proceso de aprendizaje.

Autor

José María López Sancho
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Adaptación Didáctica
María José Gómez Díaz y José Manuel López Álvarez

Esta publicación ha sido financiada con cargo al proyecto 20502/62-IG
de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT).

A Mateo y Juana

ÍNDICE

Agradecimientos…… 5

Prefacio…… 6

CAPÍTULO 1
LA INSTITUCIÓN…… 8
1. Una revolución en ciernes…….. 8
1.1 Don Francisco Giner de los Ríos, por A. Machado…… 8

CAPÍTULO 2
LA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO……..14
1. La verdadera esencia de la facultad humana de aprender……15
2. Breve historia de la democratización de la enseñanza……..18
2.1 La alfabetización en sentido literal…….. .18
2.2 Aparición de la Formación Profesional…….. ..20
2.3 La Tercera Revolución: la Alfabetización Científica……23
3. Los resultados…….. 24
4. La alfabetización científica en Europa…….. 28

CAPÍTULO 3
CIENCIA Y ENSEÑANZA…… 31
1. Fundamentos del proceso de aprender……31
2. ¿De dónde provienen los conocimientos? ……..33
3. Wittgenstein, filósofo y maestro de escuela…… 38
4. Wittgenstein y la filosofía analítica. Las ideas de Wittgenstein sobre el pensamiento…….. 39
5. El significado del significado…….. 43
6. El curso…….. 44
7. Saussure pasa a la historia de la filosofía……50

CAPÍTULO 4
LA NATURALEZA DEL SIGNIFICADO…….. 51
1. ¿Cómo se almacena el conocimiento? …… 51
2. El caso especial de la ciencia…….. 54
3. Aparición del lenguaje……55
4. Proceso de conceptualización: un proceso fundamental en ciencia. (Etapa de inteligencia representativa preoperatoria)……..58
5. El papel de la conceptualización en el lenguaje…… 61
6. Haal, un ejemplo de programa inteligente…….. 62

7. La naturaleza del lenguaje…….. 65
8. La realidad y la ficción, el simulador de Wittgenstein (La magia de la palabra y la objetividad de la ciencia)…….. ...68
9. Popper y el test para distinguir la ciencia de la pseudociencia…..70
10. Test para distinguir las ciencias de las pseudociencias……72
11. Kuhn y la esencia de los avances científicos……..73

CAPÍTULO 5
DERRIDA Y EL PROCESO DE "DECONSTRUCCIÓN"……75
1. Prejuicios y preconceptos……75
2. Foster y su locomotora……..76
3. Juan y su camión……..78
4. Ana y sus alumnos……81
5. Galileo y la tierra inmóvil…… 85
6. La magia del circo……..88
7. Una visión post-estructuralista del conocimiento. la idea de deconstrucción de Derrida……89

EPÍLOGO…… 94

BIBLIOGRAFÍA…… 95

Agradecimientos

Este libro es el resultado de una colaboración que se ha convertido en una relación de amistad entre dos grupos de profesionales de la ciencia, animados por un interés común: compartir los conocimientos científicos con toda la sociedad.

El camino que hemos elegido como más apropiado, es el de dirigirse a los maestros, el estamento más entrañable y de efectos más directos sobre la estructura de valores del alumno. Esta labor no habría sido posible sin las numerosas jornadas de trabajo agradables como las tertulias de amigos y provechosas como talleres de congresos, que han ido perfilando una concepción de la educación como generadora de actitudes ante la ciencia.

Por ello queremos citar aquí a nuestros amigos, maestros de maestros y constructores del camino del conocimiento: *Pilar Andrés, Santiago Atrio, Felipe Bandera, José Antonio Bravo, José Luis Pacheco y Manuel Riesco.*

Asimismo quiero citar a Alberto Insúa. Juntos descubrimos, gracias a su biblioteca paterna, la existencia de otros mundos a los que se llega recreando con la imaginación lo que en los libros se encuentra. Él ha leído el manuscrito y concedido su valioso IMPRIMATUR, sin el cual no hubiese osado publicar esta obra.

Igualmente debemos una mención especial a Emilio Lora-Tamayo, amigo y compañero en las labores de divulgación científica desde los años setenta del pasado siglo. Le agradecemos su apoyo a nuestra labor y, sobre todo, el haber institucionalizado en el CSIC las tareas de didáctica de la ciencia y de extensión cultural, concediéndoles la dignidad que merecen.

Prefacio

Más de una vez en conferencias y debates me he visto apremiado por una de esas últimas preguntas, para la que tal vez no exista nunca una respuesta definitiva. ¿Desde dónde se construye el conocimiento en general y la ciencia en particular?

Atañe esta cuestión una de las más enigmáticas propiedades del fenómeno humano, la creatividad, capacidad, por otra parte, que parece trascender los límites de cualquier especulación que se mueva dentro de lo que convencionalmente se puede entender como razonable.

Dos consideraciones, no obstante, pueden resultar oportunas, la primera afecta al hecho, extremadamente relevante en el campo de la educación, que pone de manifiesto como la ciencia se crea de una manera, aunque se enseñe y presente de otra. En la génesis del conocimiento científico además, sin duda de otros elementos, la imaginación juega un papel fundamental. El Universo que paso a paso estamos descubriendo es originalmente un Universo imaginado al que, más tarde, la verificación y formalización de resultados arroparía con el rigor necesario.

Se insinúa, de este modo, una enigmática conspiración entre la mente humana y la propia estructura de la realidad que constituye, por si misma, un capítulo más en la inmensa enciclopedia de lo que todavía no sabemos que nos provoca con la sutil fascinación del misterio.

Es por ello que la actitud ante el mundo del niño y del investigador tiene tanto en común. Ambos afrontan, aunque por razones diversas que tal vez no lo sean tanto, la necesidad casi vital, de rasgar el velo de la ignorancia.

Nada pues más pertinente que convocar al mundo de la educación infantil, especialmente en sus primeras etapas, y al de la investigación científica, para que aprendiendo unos de otros puedan contribuir a través de la enseñanza a la construcción de un futuro más prometedor y risueño.

Tal es el propósito de la colección que inicia este libro para el que no cabe otra cosa que desear el mayor de los éxitos.

Alfredo Tiemblo Ramos
Director del Instituto de Matemáticas y
Física Fundamental del CSIC

1. LA INSTITUCIÓN

1. UNA REVOLUCIÓN EN CIERNES

La idea de incluir la ciencia en la enseñanza Infantil y Primaria no es nueva en España. La aplicó por primera vez Giner de los Ríos a finales del siglo XIX. Giner dirigió la Institución Libre de Enseñanza desde 1881 hasta 1907, se adelantó a su tiempo en cuanto a concepciones y métodos de enseñar y aprender, introduciendo el concepto de aprendizaje significativo como opuesto al aprendizaje memorístico o repetitivo a finales del siglo XIX. La idea quedó olvidada, y el mundo hubo de esperar hasta 1963 para que fuese redescubierta por Ausvel en su libro *Psicología del aprendizaje significativo verbal*. Giner fue unos de grandes educadores de nuestra cultura y lo queremos recordar aquí reproduciendo, a manera de homenaje, el artículo que le dedicó uno de sus alumnos más ilustres, recordando su vida en el momento de su muerte.

1.1 DON FRANCISCO GINER DE LOS RIOS
Por Antonio MACHADO

"Los párvulos aguardábamos, jugando en el jardín de la Institución, al maestro querido. Cuando aparecía don Francisco, corríamos a él con infantil algazara y lo llevábamos en volandas hasta la puerta de la clase. Hoy, al tener noticia de su muerte, he recordado al maestro de hace treinta años. Yo era entonces un niño, él tenía ya la barba y el cabello blanco.

Antonio Machado

En su clase de párvulos, como en su cátedra universitaria, don Francisco se sentaba siempre entre sus alumnos y trabajaba con ellos familiar y amorosamente. El respeto lo ponían los niños o los hombres que congregaba el maestro en torno suyo. Su modo de enseñar era socrático: el diálogo sencillo y persuasivo. Estimulaba el alma de sus discípulos -de los hombres o de los niños- para que la ciencia fuese pensada, vivida por ellos mismos. Muchos profesores piensan haber dicho bastante contra la enseñanza rutinaria y dogmática, recomendando a sus alumnos que no aprendan las palabras sino los conceptos de textos o conferencias. Ignoran que hay muy poca diferencia entre aprender palabras y recitar conceptos. Son dos operaciones igualmente mecánicas. Lo que importa es aprender a pensar, a utilizar nuestros propios sesos para el uso a que están por naturaleza destinados y a calcar fielmente la línea sinuosa y siempre original de nuestro propio sentir, a ser nosotros mismos, para poner mañana el sello de nuestra alma en nuestra obra.

Don Francisco Giner no creía que la ciencia eras el fruto del árbol paradisíaco, el fruto colgado de una alta rama, maduro y dorado, en espera de una mano atrevida y codiciosa, sino una semilla que ha de germinar y florecer y madurar en las almas. Porque pensaba así hizo tantos maestros como discípulos tuvo.

Detestaba don Francisco Giner todo lo aparatoso, lo decorativo, lo solemne, lo ritual, el inerte y pintado caparazón que acompaña a las cosas del espíritu y que acaba siempre por ahogarlas. Cuando veía aparecer en sus clases del doctorado -él tenía una pupila de lince para conocer a las gentes- a esos estudiantones hueros, que van a las aulas sin vocación alguna, pero ávidos de obtener a fin de

año un papelito con una nota, para canjearlo más tarde por un diploma en papel vitela, sentía una profunda tristeza, una amargura que rara vez disim1uaba. Llegaba hasta a rogar les que se marchasen, que tomasen el programa H el texto B para que, a fin de curso, el señor X los examinase. Sabido es que el maestro no examinaba nunca. Era don Francisco Giner un hombre incapaz de mentir e incapaz de callar la verdad; pero su espíritu fino, delicado, no podía adoptar la forma tosca y violenta de la franqueza catalana, derivaba necesariamente hacia la ironía, una ironía desconcertante y cáustica, con la cual no pretendía nunca herir o denigrar a su prójimo, sino mejorarle. Como todos los grandes andaluces, era don Francisco la viva antítesis del andaluz de pandereta, del andaluz mueble, jactancioso, hiperbolizante y amigo de lo que brilla y de lo que truena. Carecía de vanidades, pero no de orgullo; convencido de ser, desdeñaba el aparentar. Era sencillo, austero hasta la santidad, amigo de las proporciones justas y de las medidas cabales. Era un místico, pero no contemplativo ni extático, sino laborioso y activo. Tenía el alma fundadora de Teresa de Ávila y de Íñigo de Loyola; pero él se adueñaba de los espíritus por la libertad y por el amor. Toda la España viva, joven y fecunda acabó por agruparse en torno al imán invisible de aquél alma tan fuerte y tan pura.

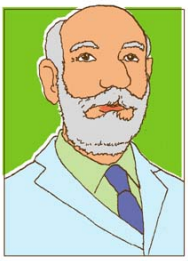
... Y hace unos días se nos marchó, no sabemos adónde. Yo pienso que se fue hacia la luz. Jamás creeré en su muerte. Sólo pasan para siempre los muertos y las sombras, los que no vivían la propia vida. Yo creo que sólo mueren definitivamente - perdonadme esta fe un tanto herética-, sin salvación posible, los malvados y los farsantes, esos hombres de presa que llamamos caciques, esos

repugnantes cucañistas que se dicen políticos, los histriones de todos los escenarios, los fariseos de todos los cultos, y que muchos, cuyas estatuas de bronce enmohece el tiempo, han muerto aquí y, probablemente, allá, aunque sus nombres se conserven escritos en pedestales marmóreos.

Bien harán, amigos y discípulos del maestro inmortal, en llevar su cuerpo a los montes del Guadarrama. Su cuerpo casto y noble merece bien el salmo del viento en los pinares, el olor de las hierbas montaraces, la gracia alada de las mariposas de oro que juegan con el sol entre los tomillos. Allí, bajo las estrellas, en el corazón de la tierra española reposarán un día los huesos del maestro. Su alma vendrá a nosotros en el sol matinal que alumbra a los talleres, las moradas del pensamiento y del trabajo."

(De «Idea Nueva». Baeza, 23 de febrero de 1915; Boletín de la Institución Libre de la Enseñanza, número 664, Madrid, 1915.)

En el momento presente, a principios del siglo XXI, en que ya es habitual hablar de conceptos y significados en la Enseñanza, en que es práctica común enseñar ciencia en la escuela, creemos interesante meditar sobre el artículo de Machado en torno a Giner y sus métodos.



Francisco Giner de los Ríos

Lo primero que nos extraña es que Giner, siendo catedrático de universidad, fuese a la vez maestro de párvulos. Esta idea de unir la investigación con la enseñanza a todos los niveles, demasiado original

para su tiempo, es reconocida en la actualidad como el método más apropiado para integrar la ciencia en la sociedad, para conseguir la alfabetización científica de los ciudadanos.

La siguiente idea innovadora se refiere al método: "**su modo de enseñar era socrático, el diálogo sencillo y persuasivo. Estimulaba el alma de sus alumnos, de los hombres o de los niños, para que la ciencia fuese pensada, vivida por ellos mismos**". La importancia de enseñar ciencia a los niños se reconoció oficialmente por primera vez en el mundo en 1966, en Estados Unidos con las leyes "Elementary Science Study" y "Science Currículum Improvement Study", rápidamente seguida por Gran Bretaña y, mucho más lentamente, por el resto de los países de la Unión Europea.

A continuación Machado nos revela una serie de ideas que para cualquier maestro son más propias del constructivismo de 1960 que de los métodos de 1880. **Lo que importa es aprender a pensar, a utilizar nuestros propios sesos para el uso al que están por naturaleza destinados y a calcar fielmente la línea sinuosa y siempre original de nuestro propio sentir**. Tampoco requiere comentario el pensamiento que le sigue: "**la ciencia es una semilla que ha de germinar y florecer y madurar en las almas. Porque pensaba así, hizo tantos maestros como discípulos tuvo**."

Estas ideas, magistralmente expuestas por Machado, corresponden exactamente (incluso en su aspecto poético y con su carga romántica) a las ideas actuales de la enseñanza de la ciencia. Y son estas ideas, desarrolladas y esquematizadas a lo largo del siglo XX por los más importantes pensadores, las que queremos exponer en este trabajo.

Ninguno de ellos las planteó de forma tan revolucionaria, en la frontera del siglo XIX y XX, en plena confrontación entre la concepción clásica y cuántica, entre el paradigma de lo absoluto e inmutable y el de lo relativista en el tiempo y en el espacio, impregnando las ideas y los ideales tanto del romanticismo de un siglo como del pragmatismo del otro. Y, con toda seguridad, ninguno de los grandes hombres que después vinieron ha gozado del privilegio de que los llorase uno de los mejores y más profundos poetas que en el mundo han sido.

2. LA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO

Hemos visto que el espíritu de la Institución libre de Enseñanza era el de integrar la ciencia en sociedad. Tiene sus raíces en la reacción de protesta contra el decreto de Orudo, en el que se prohibía enseñar la Teoría de la Evolución en la universidad. Y sus métodos, como hemos visto, consistían en llevar la investigación hasta la clase de párvulos, uniendo en un mismo mundo a científicos y maestros. Y esta conexión que Giner de los Ríos puso en práctica, es tanto más razonable si se piensa que la investigación, como la enseñanza, están encaminadas y tienen su razón de ser en el mismo objetivo: en lenguaje actual, a la **construcción de nuevo conocimiento**.

Afortunadamente, desde los tiempos de Giner de los Ríos algo ha cambiado en la enseñanza. Ya no es necesario, cada vez que se habla de ciencia en la escuela, exponer en largos razonamientos los motivos que lo avalan. En este momento el mundo occidental lo contempla en sus legislaciones. Las raíces de este cambio se encuentran a finales de la década de 1950, en que el mundo (y sobre todo Estados Unidos) se sorprendió por los éxitos de la URSS en la carrera espacial. Estos hechos pusieron en marcha mecanismos de autocrítica a lo largo y ancho del país, que dieron como resultado multitud de programas de investigación en los campos de la educación y de la estructuración de la ciencia. A continuación exponemos un resumen de la historia reciente de la enseñanza.

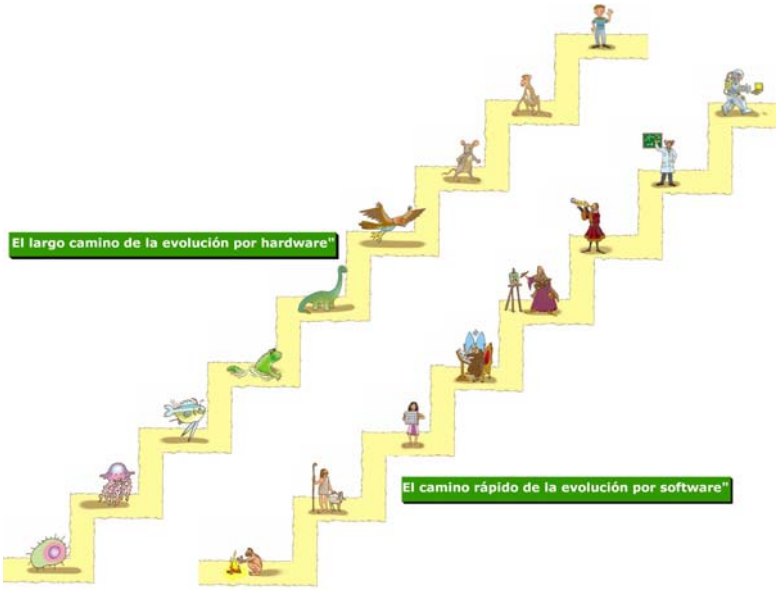
1. LA VERDADERA ESENCIA DE LA FACULTAD HUMANA DE APRENDER

En primer lugar nos vamos a referir a la naturaleza del conocimiento. Una de las ideas más esclarecedoras sobre el tema de la enseñanza es la nueva concepción de la facultad de aprender, que los seres humanos tenemos tan desarrollada. Como consecuencia de los trabajos modernos sobre construcción del conocimiento, biología evolutiva, psicología, etcétera, en este momento ***se considera la transmisión del conocimiento como una nueva forma de evolución***. Efectivamente, nos estamos refiriendo a una evolución en el sentido biológico, darwiniano, de la palabra. La idea que les presentamos es una generalización de lo que podríamos llamar "adaptación intelectual".

Un ejemplo esclarecedor es el del comportamiento evolutivo del mamut comparado con el de nuestra especie, a lo largo de la última glaciación. Al producirse el descenso de temperatura en forma lenta y gradual, el mamut evolucionó cubriéndose con un pelo denso y aislante; los descendientes de los padres con más pelo estaban mejor dotados que los demás y, en consecuencia, tenían mayores oportunidades de sobrevivir y de procrear. La capacidad de producir este pelo protector se transmitía a su prole a través de la herencia biológica, pues iba "escrito" en sus genes. La especie humana, en cambio, se adaptó a las bajas temperaturas aprendiendo a fabricar vestidos hechos con pieles de animales apropiados (con todas sus complicaciones de captura, curtido, diseño y cosido), y transmitió este conocimiento a sus descendientes, enseñándoles las técnicas que había desarrollado. Pero la etapa de glaciación terminó de una manera brusca, demasiado rápida para que los mecanismos de evolución genética permitiesen al pobre mamut perder su pelo, que ya no sólo no era necesario, sino incluso perjudicial y su especie se extinguió. Para los descendientes de nuestra especie,

en cambio, desandar el camino de la adaptación fue tan sencillo como quitarse el abrigo o elegir ropas menos calurosas, debido a que la forma de transmisión del conocimiento era y es mucho más rápida de modificar y adaptar que el mecanismo genético descubierto por Darwin. En la figura, les mostramos una representación gráfica que ilustra esta idea.

En tanto que la Naturaleza necesitó millones de años para transformar un dinosaurio en un animal capaz de volar, o un pez en un ser que pudiera desenvolverse en tierra firma, en sólo unos miles de años hemos visto cómo el homo sapiens pasa de pobre recolector de frutos silvestres, no ya a ser capaz de volar, sino a lanzar satélites artificiales e incluso a viajar hasta la Luna. Esta enorme capacidad de evolución se basa en un hecho asombroso. Einstein lo enunció de una forma sencilla en la que quiso poner de manifiesto tanto lo extraño del hecho como las maravillosas posibilidades que encerraba: el hecho es que *el mundo puede entenderse.*



El otro hecho asombroso en el que se basa esta nueva forma de evolución la señaló Feynman en una de sus conferencias dirigida a maestros, indicando la facilidad, e incluso la necesidad, que presenta el niño de absorber todo conocimiento que se pone a su alcance. Y Feynman, práctico en todos sus planteamientos, concluía su charla con un comentario casi obvio: ya que la evolución humana se produce a través del conocimiento, la educación debe desarrollar las capacidades básicas del proceso de aprender: creatividad, curiosidad, lógica, etcétera

Una ligera meditación sobre el tema de la nueva vía de la evolución, nos ayuda a descubrir sus raíces. La transmisión de conocimientos solo puede ocurrir en el seno de una sociedad. Y para que exista una sociedad deben existir fundamentos objetivos que hagan la forma de vida social preferible a otras formas de vida, es decir, para que aparezcan por evolución seres que presenten características solidarias con otros individuos de su especie. Uno de estos fundamentos objetivos lo podemos ver en el éxito de los animales sociales. Las termitas, las hormigas y las abejas, entre los insectos, y las ratas-topo, la mayoría de las especies de rumiantes, muchos monos y la especie humana, entre los mamíferos, son los ejemplos más conocidos.

Si seguimos meditando sobre el tema, descubrimos en los individuos sociales algunas características que aparecen con anterioridad a la formación de sociedades; entre ellas la más importante es la que se refiere al cuidado de la prole. Es ésta una característica común a todos los animales sociales, a la vez que imprescindible para que pueda existir algún tipo de transmisión de conocimiento entre generaciones. Siguiendo esta línea de razonamiento podríamos pensar en la solidaridad como una especie de generalización del cuidado de la descendencia, extendiéndose la protección a la totalidad de los individuos que forman su grupo.

Siguiendo por ese camino, podríamos llegar a la conclusión de que la visión del mundo basada en la ecología no es más que la expresión de un sentimiento de solidaridad a nivel de todo el planeta, indiscutiblemente provechoso para todas las formas de vida existentes.

2. BREVE HISTORIA DE LA DEMOCRATIZACIÓN DE LA ENSEÑANZA

La historia de la enseñanza se puede describir, en general, como un país tranquilo, en el sentido de Douglas Adams, formado por largos periodos estables, y convulsionado tan sólo por tres importantes hitos. Éstos hitos se pueden considerar, con toda justicia, como autenticas revoluciones del pensamiento, en el sentido que Kuhn da a esta expresión y que luego describiremos brevemente. Estos tres hitos están constituidos por:

I. La alfabetización en sentido literal.

II. La aparición de la formación profesional.

III. La revolución de la alfabetización científica, que se está produciendo en este momento en el mundo occidental.

A continuación los describiremos brevemente

2.1 La alfabetización en sentido literal

Los principios de este movimiento se pueden situar a mediados del siglo XVI, como una consecuencia de la Reforma Protestante. Al considerarse como seña de identidad del nuevo movimiento la libertad de interpretación de los libros sagrados, se hacía indispensable el acceso a los mismos y, fundamentalmente, ser capaz de leerlos. Tanto Lutero como Calvino dieron gran importancia a la difusión tanto de los

evangelios como de sus propios libros. En los años cincuenta del siglo XVI, los impresores de Ginebra exportaban cerca de 300.000 volúmenes al año, la inmensa mayoría en lenguas vernáculas, entre los que se encontraban biblias, libros de salmos y la *Institutio* de Calvino. Los libros se distribuían en la feria de Frankfurt y, desde allí, viajantes vendedores los llevaban a lo largo y ancho de Europa, llegando a América en los barcos que unían las rutas comerciales de ambos continentes. Todo este esfuerzo editorial estaba acompañado, lógicamente, por otro similar en la alfabetización de la población. De hecho, los calvinistas diseñaron un sistema de control de la educación por parte del gobierno que se aplicó inicialmente en Alemania y que es básicamente el que ha llegado hasta nuestros días.

La contrarreforma empleó, como reacción, los mismos métodos de educación del pueblo, creando escuelas en las que se enseñaba a leer a niños y adultos. Pero la alfabetización fue mucho más lenta de lo que cabía esperar del esfuerzo de las religiones. Las ocupaciones agrícolas y ganaderas, para las que leer no era fundamental, y la atomización de la población en pequeños núcleos aislados, tanto desde el punto de vista cultural como geográfico, dificultaron el proceso. A pesar de ello, en el siglo XVII en Rusia y Prusia, y sobre todo en el norte de Inglaterra, se implantaron las escuelas dominicales, introduciéndose el sistema de monitores, de resultados realmente espectaculares. Consistía este método en emplear a los alumnos más avanzados en las tareas de enseñar a los que sabían menos. Con este sistema se multiplicaba la acción de un profesor, pudiendo enseñar un solo maestro a más de quinientos alumnos simultáneamente.

En el siglo XIX, con la revolución industrial, se hace necesario manejar gran cantidad de información escrita, con propósitos no sólo de producción sino de distribución de las mercancías. La compra por

catálogo es la única forma de adquirir bienes de un cierto nivel de precios (desde una cocina de hierro fundido o una máquina de coser hasta una trilladora movida a vapor), demasiado caras para tenerlas almacenadas en los comercios locales. Por ello se hace necesario establecer sistemas nacionales de escolarización. El Reino Unido, Alemania, Italia, España, Estados Unidos, Japón, etcétera dictan leyes y destinan, a ese fin, grandes recursos.

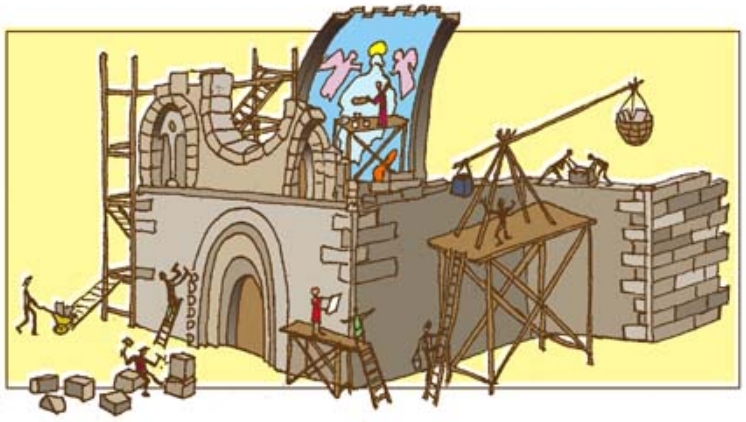
En el siglo XX se generaliza la educación obligatoria y puede decirse que se completa el ciclo de este tipo de alfabetización. Así lo considera, por ejemplo, la pedagoga sueca Elen Key, dando a uno de sus libros el título de *El Siglo de los Niños.*

2.2 Aparición de la Formación Profesional

En las sociedades rurales, los oficios se heredaban. Los padres eran los maestros y patronos de sus hijos, dejándolos en herencia el conocimiento, los instrumentos de su arte y la clientela.

Distinto es el caso de los oficios llamados itinerantes, como el de los canteros, vidrieros, albañiles, arquitectos, etcétera, cuyo ejercicio profesional requería trabajar a pie de obra, allí donde se solicitaba su trabajo. Los artesanos, en estos casos, se agruparon en gremios de ámbito laboral y nacional y establecieron un sistema universal de formación que contemplaba tres grados: aprendiz, oficial y, finalmente, maestro.

A este último nivel se llegaba mediante la presentación de un trabajo importante (la obra maestra), que era juzgado por un comité de maestros del gremio y que daba derecho a ejercer la profesión por cuenta propia y dirigir a aprendices y oficiales.

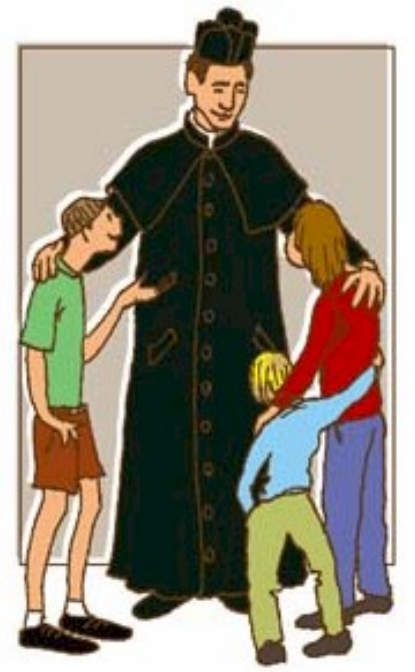


Pero en el siglo XIX, debido al desarrollo científico e industrial del XVII y del XVIII, se introdujeron máquinas y herramientas que no habían sido utilizadas anteriormente. Y, como consecuencia, fallaron tanto el sistema familiar de transmisión de oficio como el sistema gremial.

Para solucionar este problema hubo que poner en contacto personas de distintos estamentos sociales y niveles de conocimiento: tuvieron que

ser los ingenieros los que enseñaran a los obreros a manejar las máquinas de vapor, los telares, etcétera, de tecnología completamente nueva. Esta relación entre estamentos diferenciados por sus diferentes conocimientos marca una nueva era social y es la esencia de este tipo de enseñanza.

La formación profesional se comenzó a impartir en las fábricas, dejando al margen a gran cantidad de jóvenes, desplazados del campo por el aumento de producción causado por la introducción de máquinas. Estos jóvenes, sin ninguna formación en los nuevos procesos de producción, quedaban marginados al no poder acceder a un puesto de trabajo e integrarse en la sociedad.

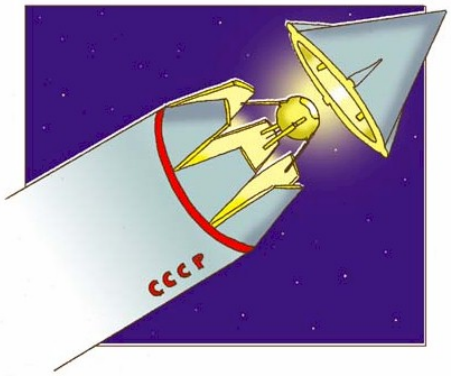


San Juan Bosco

El efecto de la marginación creada por el avance en los conocimientos fue detectada, en primer lugar, por Don Bosco (considerado el iniciador de la formación profesional), que aportó como solución el estableciendo escuelas especiales, gratuitas, de alfabetización y formación profesional. Esta idea pasó, al poco tiempo, a formar parte de los sistemas educativos nacionales, siendo en la actualidad la formación profesional la que siguen el grupo más numeroso de ciudadanos.

2.3 La Tercera Revolución: la Alfabetización Científica.

Ésta es realmente la etapa que más nos interesa. Comienza exactamente el 4 de octubre de 1957 y se sitúa en Estados Unidos. Ese día, en las noticias de la mañana, los americanos se enteraron de que en el sistema solar había un nuevo cuerpo celeste: la Tierra, además de la Luna, contaba con un nuevo satélite: el Sputnik.



Hay que tener en cuenta que Estados Unidos disponía del más avanzado equipo de especialistas en cohetes, el grupo de científicos alemanes dirigidos por Von Braum, que se encontraban en ese país desde el final de la segunda guerra mundial. Y el pueblo americano, convencido de que contaba con la ciencia más avanzada y la tecnología más potente, sufrió una tremenda decepción.

Este tipo de decepciones y las reacciones que desencadenan son de gran trascendencia en la historia de los pueblos, a la vez que muy indicativas de su personalidad. España las ha sufrido en varias ocasiones: la derrota de la Invencible o la pérdida de Cuba y Filipinas en el 98 son dos buenos ejemplos.

La reacción de Estados Unidos ante lo que consideraron un auténtico desastre nacional fue rápida y efectiva. El Congreso se dirigió a las instituciones científicas, tanto oficiales como profesionales, y a las grandes empresas, requiriendo informes sobre el origen del retraso

tecnológico puesto de manifiesto por el Sputnik. Y las respuestas no se hicieron esperar. Comenzó una etapa de introspección social y de investigación en enseñanza de la ciencia. Cualquiera que se demostrase capaz de analizar el problema y aportar soluciones recibía fondos para llevar a cabo su investigación.

3. LOS RESULTADOS

Los resultados del análisis subsiguiente, se pueden resumir en los puntos siguientes:

- Los ciudadanos americanos concebían la ciencia como algo extremadamente útil, pero de naturaleza misteriosa y complicada, casi imposible de entender por los no especialistas.
- Comprendían que la ciencia había sido decisiva para ganar la II Guerra Mundial (con avances como el radar, la aviación segura y las comunicaciones), pero no veían la necesidad de continuar con el esfuerzo que suponía la investigación científica a gran escala.
- Tenían miedo a los posibles efectos de la aplicación de los descubrimientos científicos (sobre todo en el plano laboral), para ellos completamente desconocidos e imprevisibles. La falta de conocimientos hacía difícil la implantación de nuevas tecnologías, sobre todo cuando implicaban cambios cualitativos en los fundamentos científicos.

Como resultado de esta etapa, la sociedad americana llegó a una conclusión clara: **El problema del retraso tecnológico del país se debía a que el ciudadano medio era científicamente analfabeto.**

La solución a la que se llegó para remediar esta situación se puede sintetizar en dos eslóganes del educador americano Jerrold Zacarias:

"La ciencia es para todos los americanos" y **"La ciencia debe ser algo que los alumnos hagan, no que reciban ya hecha".**

R. Lopez y T. Schultz califican estos principios de una revolución en los fines de la enseñanza y otra revolución, igualmente importante, en sus métodos.

El problema, aunque claramente diagnosticado, era grave y de difícil solución. Pero en una cosa se mostraron de acuerdo pedagogos, psicólogos, sociólogos y científicos: todos los males radicaban en que la ciencia, al no incluirse entre las disciplinas que se enseñaban en la infancia, no formaba parte de lo que era entrañable, familiar y querido, características de las vivencias escolares. Ni las disciplinas, ni sus métodos, ni el gusto por entender el mundo, se encontraban en el núcleo fundamental de la formación del niño.

La solución era evidente: había que empezar a enseñar ciencia en las escuelas.

Esto requería una complicada acción política. Había que fijar los contenidos científicos que se enseñasen en las aulas, y había que modificar, igualmente, la preparación de los maestros, tanto de las nuevas generaciones como de los que ya se encontraban en ejercicio.

Así, en 1966 se promulgan las leyes *Elementary Science Study* y *Science Currículo Improvement,* que hacen obligatoria de la enseñanza de la ciencia en la etapa de cinco a trece años.

L. B. Jhonson

A estas leyes siguieron innumerables proyectos. Las organizaciones que más se involucraron fueron la "American Association for the Advancement of Science", la "Nacional Science Foundation, la Nacional Academy of Sciences" y la "American Physical Society".

EL resto es ya historia. Sólo citaremos algunos de los hitos más importantes: en 1993 la "American Association for the Advancement of Science" publica los "*Benchmarks for Science Literacy"*, donde se fijan los contenidos mínimos que se juzgan indispensables para considerar a una persona científicamente alfabetizada. En 1995, el "Nacional Research Council" publica su *"Nacional Science Education Standards"* y en 1997 el "Nacional Science Resources Center" publica "*Science for all Children: A guide to improve science education in school."*

Las bases en que se asienta todas estas acciones fueron enunciadas explícitamente en todas ellas:

- **Es imprescindible alcanzar la alfabetización científica de los ciudadanos.**
- **Se debe desarrollar el deseo de seguir adquiriendo conocimientos científicos a lo largo de toda la vida**.
- **Debe ponerse límite a los contenidos, alejándose de la clásica forma de tratar los temas "a mile-wide and inch-deep", que se puede traducir como "cabeza buena o cabeza llena".**
- **El aprendizaje es semejante al proceso histórico del descubrimiento; la enseñanza no es más que un recorrido rápido a lo largo de la historia de la humanidad y, en nuestro caso, de la historia de la ciencia**

El segundo problema era tan importante como el primero: **¿Cómo se enseña ciencia a los maestros y como se los mantiene al día en unos tiempos en que se producen cambios cualitativos a lo largo de una vida profesional?**

La American Physical Society y la American Association of Physic Teachers, entre otras instituciones, llegaron a la conclusión de que la tecnología y la ciencia avanzan demasiado rápidamente para que la formación de origen, la que reciben los profesores en la universidad, sea válida a lo largo de la vida activa de un maestro. Se vio la necesidad de establecer sistemas que garantizasen su formación continuada. De acuerdo con los especialistas, esto solo se consigue implicando a los profesores y a los investigadores en tareas comunes, en proyectos que los mantengan en contacto y que hagan que se interesen unos por los problemas de los otros. Porque, en palabras de Feynman, “cuando no sabemos explicar una materia con matemáticas elementales es porque no dominamos suficientemente el tema”. En 1963, la “American Association of Physic” inició la publicación de una revista nueva, “The Physics Teacher”, con el propósito de que los investigadores y los profesores dispusiesen de un lugar donde pudieran tratar sus problemas y proponer soluciones. Cuando no existe este contacto entre las dos profesiones, aparecen deficiencias en la formación de los alumnos que se reflejan, irremisiblemente, en un descenso de vocaciones por las carreras científicas. Este problema, que actualmente tenemos en España, puede llevar, si no se remedia a tiempo, al estancamiento del país y a un retraso en su desarrollo difícilmente reversible.

Y como el aprendizaje es semejante al proceso histórico del descubrimiento, se vio la necesidad de estudiar cómo se crea la ciencia para conocer las dificultades y los escollos de su avance, con el

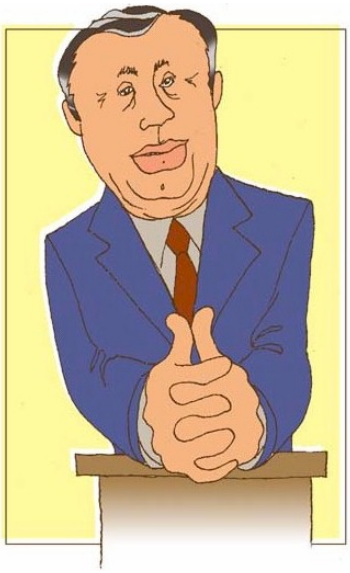
propósito de aplicarlos al proceso paralelo de la enseñanza. Los resultados más importantes se consiguieron en el campo de la Historia y de la Filosofía de la Ciencia. Gracias a las investigaciones realizadas en ese periodo (casi en su totalidad por físicos), se concibió una idea clara de la naturaleza del conocimiento, de lo que es ciencia y lo que no lo es, de la forma en que se producen los avances científicos y como propiciarlos, así como de la forma en que son adsorbidos por la sociedad.

4. LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA EN EUROPA

En nuestro continente se siguió el ejemplo de Estados Unidos, y en 1972, seis años después de la ley de Jhonson, el Reino Unido promulgó la primera ley que hace obligatoria la enseñanza de la ciencia en la escuela en un país de Europa.

A ésta siguieron muchas otras, y puede decirse que en la actualidad todos los países de la Unión Europea tienen una legislación semejante, aunque su aplicación no sea, ni mucho menos, la misma.

También en Europa se tiene conciencia de que la única forma de poner en práctica estas leyes es que científicos y maestros colaboren estrechamente.



Edward Head

En Francia, en 1995 G. Charpak (Premio Nobel de Física de 1992), señaló la conveniencia de que los científicos tomasen una parte activa en la educación de las primeras etapas. Como resultado, diversos

organismos de investigación y enseñanza pusieron en marcha una serie de acciones englobadas en la operación “La main a la Pâte”, que se ha transformado en estos momentos en una herramienta de colaboración de los científicos y los maestros franceses en la enseñanza de la ciencia en la escuela. La colaboración se instrumenta en clases, conferencias y aplicaciones al aula, y dispone de un sitio permanente en la dirección de internet http://inrp.fr/lamap/main.

León Lederman (premio Nobel de Física de 1988), abundada en la misma opinión. En septiembre de 1999 en la reunión de la Sociedad Portuguesa de Física, habló apasionadamente sobre la necesidad de introducir la ciencia en la escuela, como único medio de preparar a las personas para el mundo en que van a vivir. Según Lederman, los maestros son la clave de la enseñanza de la ciencia. Pero, de acuerdo con su experiencia, no disponen de los conocimientos necesarios para cumplir con este cometido. En el mismo sentido se manifiesta Ramón E. López, director de Educación de la “American Physical Society”. R. López, resume la situación de la enseñanza de la ciencia treinta y cinco años después del comienzo de la revolución del Sputnik en un artículo publicado en septiembre del 2001 en el “Physics Today”. Dice textualmente:

Today’s science education, which teachers all students to do science and to think like scientists, has depended on the involvement of scientists and their societies. It must continue to do so.

Finalmente, en el número de “Physics World” de Septiembre del 2001 Catherine Wilson, encargada del Departamento de Educación del “Institute of Physics”, expone lo que deberían ser en su opinión, las líneas maestras en la enseñanza de la Física en la escuela, señalando que es una etapa fundamental para la formación de los alumnos y cuyo éxito depende del grado en se involucren los científicos, tanto de las instituciones publicas como de empresas privadas.

3. CIENCIA Y ENSEÑANZA

1. FUNDAMENTOS DEL PROCESO DE APRENDER

Para empezar nuestro recorrido por los caminos que tratan de la relación entre ambas tareas, la de hacer ciencia y la de enseñarla, definiremos lo que consideramos los fundamentos del proceso de aprender.

Consiste este proceso en transformar la *información*, es decir, los contenidos de los programas, las materias que forman los índices de los libros de texto, en algo completamente distinto que el alumno adquiere, que interioriza, convirtiendo lo que eran palabras de significado desconocido en lo que llamamos *conocimiento*. Este proceso se apoya, de acuerdo con el modelo constructivista, en dos pasos bien diferenciados: dar significado a determinadas palabras, por un proceso de conceptualización, (como temperatura, longitud, masa, volumen, planeta, estrella, etcétera, por tomar ejemplos de física, siempre más sencillos), y adquirir la destreza necesaria para entender y construir proposiciones que contengan relaciones entre estos conceptos.

Consideremos un ejemplo para aclarar estas ideas:

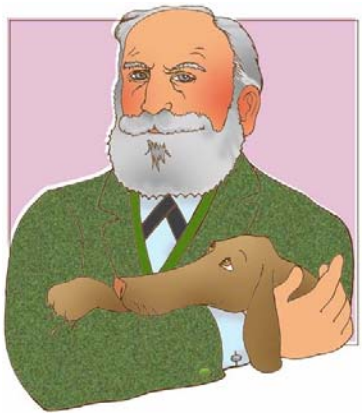
Proposición	Conceptos que contiene
Los planetas pueden tener satélites	**Planeta y satélite**

La operación de dar significado a los conceptos, así como el paso de los conceptos a las proposiciones, son los pasos más importantes del método constructivista y puede representarse por medio de esquemas. Los más utilizados son los *diagramas conceptuales* de Novak, su inventor, ampliamente utilizados en el mundo de la enseñanza. Están

basados, como veremos más adelante, en la idea del filósofo Wittgenstein, expuesta en su *Tractatus,* de que el lenguaje está formado por proposiciones complejas que pueden ser analizadas y descompuestas en proposiciones más simples, hasta llegar a formas elementales que solo contengan dos conceptos unidos por un verbo. En el *Tractatu*s, Wittgenstein estableció las bases de la *filosofía analítica.*

Gowin y Novak distinguen entre el aprendizaje, que es un proceso personal, íntimo, imposible de compartir, y la información contenida en lo que se aprende, cuya naturaleza es pública, cultural, y cuya esencia y vocación es la de ser compartida.

Pero esta forma de entender el aprendizaje no es única ni ha sido siempre aceptada; se ha abierto un nuevo camino en dura competencia con las teorías conductistas, derivadas en su origen de los experimentos de Paulov. Estas teorías se basan en la idea de que el elemento fundamental asociado al aprendizaje debe implicar un cambio de comportamiento.


Paulov

Este modo de adquirir conocimientos es, ciertamente, esencial en el proceso educativo, y así es como aprendemos modales, ortografía, a manejar una bicicleta, un automóvil o un ordenador. Las teorías constructivistas, por el contrario, propugnan un aprendizaje en el que se da más importancia a los significados,

como en el caso de los esquemas conceptuales de Novak, considerando los cambios de comportamiento como uno más de los efectos derivados del aprendizaje.

Es cierto que en el fondo de todo conocimiento científico se encuentran ciertas leyes que no se explican, que constituyen la frontera de la ciencia en ese momento. Esas leyes únicamente pueden aprenderse de memoria. Pero la mayoría de los educadores coinciden en que este procedimiento debe restringirse a lo estrictamente necesario y acudir a métodos constructivistas siempre que sea posible. La diferencia entre ambas formas de enseñanza la ilustra el triste caso del operario que se pasó su vida laboral construyendo excelentes motores eléctricos (tarea que aprendió por procedimientos conductistas), pero que llegó a la jubilación sin saber absolutamente nada de electricidad.

2. ¿DE DÓNDE PROVIENEN LOS CONOCIMIENTOS?

Desde el tiempo de la ciencia clásica tenemos constancia del interés que los filósofos dedicaron al problema del origen del conocimiento; y fue entonces cuando se dieron dos respuestas, generadoras de las dos corrientes filosóficas principales que han perdurado hasta nuestros días: Racionalismo y Empirismo.

El Racionalismo fue enunciado muy claramente por Platón hacia el año 400 a.C. Él mismo nos lo explica en su forma poética habitual: las almas, antes de unirse a un cuerpo mortal, viven

Platón con el esclavo de Menón

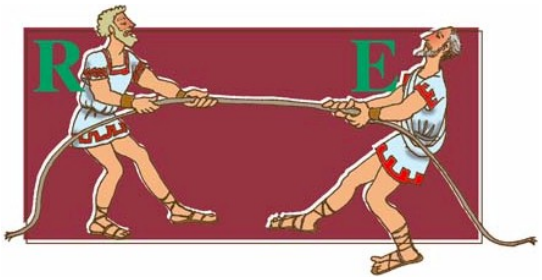
en un mundo en el que en vez de objetos existen ideas, *universales*, donde no hay lugar para la contradicción y donde todo razonamiento es claro.

Cuando estas almas toman un cuerpo y llegan a la Tierra (parte imperfecta del Universo, por estar situada debajo de la esfera de la Luna), se encuentran con un mundo formado por objetos materiales.

Pero entre el Mundo de las Ideas y el Mundo Terrenal está el río del Olvido y, al atravesarlo, sus conocimientos quedan dormidos, aletargados, pero de ninguna manera borrados o destruidos. Estos conocimientos pueden y deben despertarse por la contemplación de los objetos reales, por medio del razonamiento y la meditación, procedimientos que, sabiamente manejados, como en el método socrático, constituyen la forma en que el alma recupera la memoria y con ella el conocimiento que antes poseía.

En lenguaje más conciso, aunque más prosaico: las personas nacen con conocimientos innatos que pueden recuperar por la observación y el raciocinio; es decir, que el conocimiento se encuentra “almacenado” o escrito en el alma de las personas (como verdades evidentes) y es absurdo buscarlo fuera de ellas.

Descartes, Espinosa, Leibniz y un largo etcétera se han mostrado, a lo largo de la historia, de acuerdo con Platón.



Racionalismo frente a empirismo

Platón nos describe en uno de sus diálogos, cómo un esclavo de su amigo Menón, haciendo uso de los conocimientos que posee cuando nace, es capaz de resolver un dificilísimo problema geométrico. Consiste en calcular la longitud del lado de un cuadrado, cuya superficie es doble de la de otro cuadrado cuyos lados miden dos pies. Para resolver este problema es necesario utilizar números irracionales (raíz cuadrada de ocho), límite del conocimiento matemático en aquellos tiempos; a pesar de ello cual el esclavo, prácticamente analfabeto, hábilmente guiado por las preguntas del maestro, pudo resolver el problema y darse cuenta de la capacidad que poseía para resolver problemas.

El Empirismo, la otra teoría sobre la fuente del conocimiento, fue enunciado magistralmente por Aristóteles hacia el 350 a de C. Contrariamente a Platón, a cuyas clases asistió en la Academia, Aristóteles piensa que las personas nacemos cual “tabla rasa”, como un papel en blanco o un disco sin grabar, donde se irán escribiendo las impresiones obtenidas del mundo exterior, obtenidas por medio de los sentidos.

Aristóteles

De acuerdo con Aristóteles, el individuo nace sin ningún conocimiento y la única forma de adquirirlos es por medio de observaciones y experimentos. Así pues, estos conocimientos pueden obtenerse únicamente a partir de observaciones y manipulaciones del mundo exterior. Estas operaciones son la base del método científico y Aristóteles es el primer filósofo que lo enuncia, empleándolo en sus trabajos de biología.

Dos intentos importantes de establecer una tercera vía se produjeron entre los siglos XVII y XIX; Kant (que murió en 1804) dividió las proposiciones en analíticas y sintéticas. Las proposiciones analíticas son las de tipo definición: *un calvo es un hombre que no tiene pelo*. En cambio las proposiciones sintéticas son las que permiten predecir el resultado de los procesos naturales*: cuando dos bolas de billar chocan conservan la cantidad de movimiento y la energía cinética total*. También dividió el conocimiento en “a priori” (racionalista) y “a posteriori” (empírico) y admitió que se podía generar conocimiento tanto con métodos racionalistas, como había hecho Descartes con su extraña deducción de la ley de Snell (que actualmente se considera casi milagrosa), como empíricos. Kant ilustró su posición con una frase que se ha hecho famosa: *dos cosas me impresionan profundamente, la maravilla del firmamento sobre mi cabeza y la maravilla de la moral dentro de mi.*

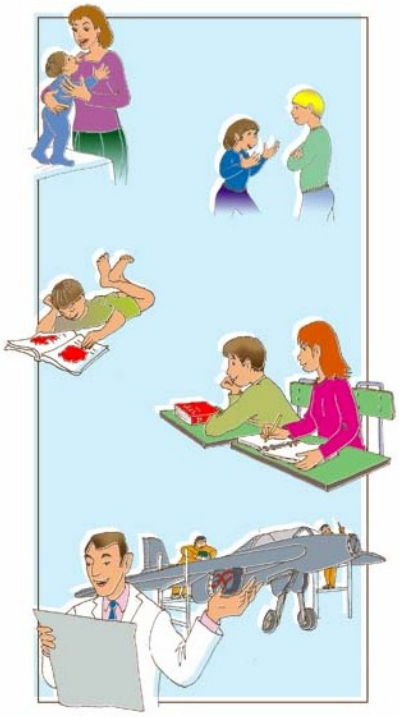
Hegel (que murió en 1831) fue el gran revolucionario de las clasificaciones. Para él, cualquier clasificación estática es decididamente falsa, particularmente la que divide las formas de adquirir conocimiento. La forma en que se adquiere es por un proceso dinámico, *dialéctico*, de oposición y lucha entre dos ideas encontradas. Esta concepción influye en la misma naturaleza del conocimiento, transformándolo en algo semejante a los escalones por los que ascendemos al subir una

escalera. No son importantes los escalones sino el proceso de ascender, el método dialéctico. En filosofía se considera a Hegel la base de toda la filosofía posterior. Desde Marx y Engels hasta Nietche parecen haberse inspirado en Hegel.

La tercera vía en el problema del conocimiento la inició finalmente Piaget en su Psicología de la Inteligencia. La idea, absolutamente innovadora en 1947, se enuncia simplemente diciendo que **los seres humanos construyen** su conocimiento a lo largo de su vida de forma semejante a como se ha construido el conocimiento científico a lo largo de la historia.

Gracias a mecanismos innatos, de la misma naturaleza que los actos reflejos, el niño va recibiendo estímulos del mundo, y adquiriendo conocimientos que emplea, a su vez, en refinar sus herramientas de aprendizaje.

Estos mecanismos son los que permiten aprender, aunque no son propiamente conocimientos. Un pájaro nacido de un huevo incubado por una máquina, cuando llega el momento *sabe* volar, sin que nadie se lo haya enseñado. Pero también *sabe* comer, beber, respirar y mover el corazón más o menos rápidamente de acuerdo con sus necesidades de oxígeno, etcétera. También *sabe*, cuando nace,



como aprender. Esta es la parte de conocimientos que Piaget señala como mecanismos innatos (que podríamos asimilar con los de los racionalistas)

Esta idea tiene dos implicaciones fundamentales (de tipo empirista) que tienen importantes consecuencias en el proceso que nos ocupa: a) *Si no se reciben estímulos se hace imposible el proceso de aprender*, y b) *La capacidad de aprender crece con el proceso mismo del aprendizaje*.

Y así unificados el proceso de aprender de los niños y el de hacer ciencia de los científicos, llegamos a la primera de las preguntas con que nos enfrentamos **¿qué es el conocimiento?** Éste ha sido uno de los problemas fundamentales de la filosofía moderna. En la figura adjunta hemos presentado un esquema de los caminos recorridos en el último siglo y que hemos considerado relevantes para nuestro objetivo.

3. WITTGENSTEIN, FILÓSOFO Y MAESTRO DE ESCUELA

Ludwig Josef Johann Wittgenstein nació el 26 de Abril de 1889 en Viena, en una de las familias más acaudaladas de la ciudad. Brahms, Mahler y Casals frecuentaban el palacio de los Wittgenstein. Hasta los catorce años su educación estuvo a cargo de profesores particulares, pero a esa edad sus padres lo enviaron a la escuela de Linaz, donde coincidió con Adolf Hitler, casi de su misma edad. En 1906 comenzó sus estudios de ingeniería, que continuó a partir de 1908 en Manchester. Pero su interés cambió allí hacia la lógica, posiblemente por la influencia de Frege, uno de sus profesores. Por indicación suya fue a estudiar a Cambridge, donde conoció a Bertrand Russell, diecisiete años mayor que él, al que le unió una gran amistad.

Poco después de comenzar la guerra de 1914 se alistó como voluntario en el ejército alemán. Durante la contienda escribió una de las obras más importantes de la filosofía contemporánea, su famoso *Tractatus Logico Philosophicus*. Esta obra, de unas setenta páginas, se publico con grandes dificultades en 1922 y marca la aparición de la *Filosofía Analítica*, base del estructuralismo en todas sus ramas. Trata de la esencia del lenguaje, de las matemáticas, la lógica y la ciencia, y contiene observaciones y comentarios sobre la ética y la religión. Con ella Wittgestein pasó a ser reconocido como uno de los filósofos más importantes de la historia.

Al terminar la guerra Wittgenstein había heredado y era uno de los hombres más ricos de Austria. Pero dejó el dinero a sus hermanos y estudió la carrera de maestro de Infantil y Primaria, ejerciendo la profesión en algunas aldeas del sur de Viena. En 1929 regresó al Trinity College, en Cambridge, donde reanudó su trabajo filosófico. Pronto empezó a desarrollar nuevas opiniones, diferentes de las enunciadas en el *"Tractatus"*. Éstas quedaron plasmadas en su segunda gran obra, *Investigaciones Filosóficas*, que se publicó dos años después de su muerte.

Falleció en Cambidge en 1951.

4. WITTGENSTEIN Y LA FILOSOFÍA ANALÍTICA. LAS IDEAS DE WITTGENSTEIN SOBRE EL PENSAMIENTO

La primera premisa que debemos admitir si queremos seguir adelante en nuestro estudio sobre la naturaleza del conocimiento, es que **todos los procesos que nos llevan a conocer o que utilizan el conocimiento se realizan por medio del pensamiento**.

Esto nos lleva a la segunda gran pregunta ***¿qué es el pensamiento?***

Wittgenstein, el gran Wittgenstein, nos responde de una forma tan original como efectiva: **sea lo que sea el pensamiento, es un proceso isomorfo con el lenguaje**.

Todo lo que se puede decir, se puede pensar; y viceversa, todo lo que se puede pensar es susceptible de ser dicho. Y de esta manera, en 1922, nos abrió las puertas que nos permiten algo tan importante e interesante como lleno de poesía: estudiar el pensamiento.

Wittgenstein considera que el **mundo** está construido por un lado por **las cosas**, y por otro por **los hechos**. Por ejemplo: "**Un rinoceronte**" es una **cosa**; en cambio, la frase; "**Hay un rinoceronte en la habitación**", es un **hecho** (o juicio, o premisa, según el lenguaje que empleemos)

Los **hechos** tienen propiedades especiales que no tienen las cosas: **se pueden organizar en estructuras lógico-matemáticas**. Estas estructuras son susceptibles de ser *"verdaderas-entre-comillas"* o *"falsas-entre-comillas"*. Las estructuras verdaderas son las que son

conformes a la lógica aristotélica (y de Lewis Carrol o de Bool, la lógica universal del tercero excluido, de la teoría de conjuntos). Todos conocemos sus formas. Los "**hechos**" se organizan en silogismos, que incluso tienen nombres propios que muchos aprendimos en la enseñanza secundaria: Cesare, Calendes, Festino, Baroco…

Si la forma de los silogismos no coincide con ninguna de las formas admitidas, las estructuras lógico-matemáticas son *"falsas.*

Estudiemos una de estas estructuras, de las que emplearon Wittgenstein y Russel en sus discusiones:

"Hay un rinoceronte en esta habitación"

"Los rinocerontes desprenden mal olor"

"En esta habitación huele mal"

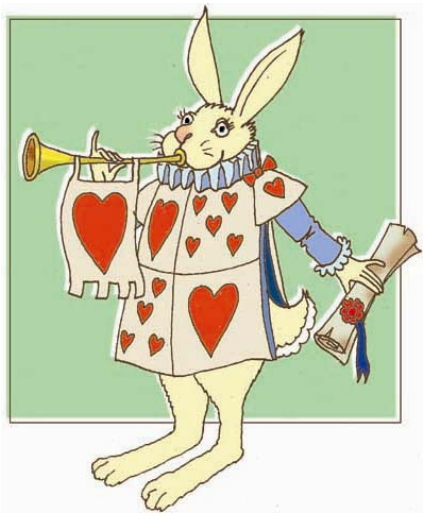
Esta estructura es, a todas luces, *"verdadera"*, es decir, verdadera desde el punto de vista de la lógica. Para un matemático es claramente verdadera. Sin embargo para ver si es "real" tenemos que llevar a cabo un experimento, algo que no pertenece a las matemáticas sino a la física: tenemos que mirar, para ver si hay o no hay un rinoceronte en la habitación.

Con esta consideración sobre la *"verdad-entre-comillas"*, también llamada "*verdad matemática"*, Wittgenstein acabó con el misterio que desde la época de los egipcios tenía perplejos a los matemáticos y que llevó a Hilbert a proponer un "programa de clasificación y formalización de las matemáticas". Russel y Withead lo vieron, ayudados por Wittgenstein, tan claramente como lo vemos nosotros ahora: hay dos clases de verdades.

De esta manera se entiende que las Mil y Una Noches, la alquimia (que tanto gustaba a Newton) y la Alicia de Carroll se desarrollan dentro de una marco de verdades matemáticas (*verdades-entre-comillas*, una vez aceptadas las premisas de la magia), en el sentido aristotélico. Tan verdades como las leyes de Maxwell o la relatividad de Einstein y tan bellas unas como otras; pero no todas son "reales" en el sentido experimental a que se refiere Wittgenstein que es el aceptable por la filosofía natural, eso que ahora llamamos ciencia.

En este punto consideramos interesante citar el problema de las paradojas de Russel. Parecen solamente juegos de palabras o adivinanzas, pero implican algo tan fundamental como la validez de los principios de la lógica.

Si un catálogo se define como una lista de publicaciones, ¿debe incluirse en la lista el propio catálogo? Si es así, resulta que un conjunto tiene a todo el conjunto como uno de los elementos del mismo. Y si no se incluye a sí mismo entre las publicaciones, el catálogo resulta no ser es un catálogo.



Esta contradicción, como hemos dicho, puede parecer trivial; pero, al menos desde los tiempos de Lewis Carroll, profesor de matemáticas en la Universidad de Oxford y autor de las aventuras de Alicia, (y que murió el mismo año en que terminaron las guerras de Cuba y Filipinas), estaba bien establecido y aceptado que la lógica aristotélica de terceros excluidos (una proposición solo puede ser verdadera o falsa, sin una tercera posibilidad), era equivalente a un álgebra de conjuntos (en que, dado un conjunto, un elemento también tiene sólo dos posibilidades, pertenecer o no pertenecer a dicho conjunto).

En estas condiciones, la imposibilidad de definir bien *cualquier conjunto* ponía en peligro la universalidad de la lógica, base de las matemáticas y, por ende, de toda la estructura científica. La segunda paradoja se refiere a la existencia de proposiciones que no se pueden declarar verdaderas ni falsas (no se puede excluir un tercer caso), y la narra Cervantes en El Quijote. Cuenta la historia de un pueblo a cuya entrada, unos alguaciles preguntaban al viajero cual era el objeto de su visita. Si contestaba con la verdad se le permitía el paso, pero si mentía se le condenaba a morir ahorcado. Y un día llegó un hombre que al ser preguntado por la razón que le llevaba a querer visitar el pueblo, contestó: *he venido aquí para ser ahorcado. L*os alguaciles quedaron sumidos en la perplejidad, pues se hallaban ante un caso en que no se podía aplicar una ley aparentemente clara y precisa. Había fallado la lógica de exclusión de terceros.

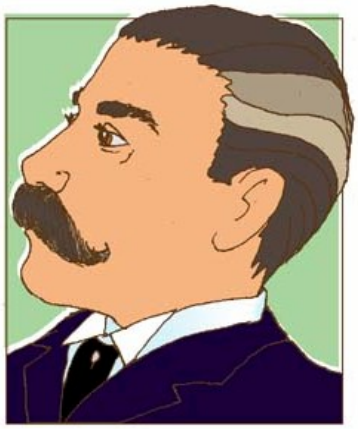
La respuesta a estos problemas la dejamos, como dicen los libros de texto, como ejercicio para ser resuelto por el alumno.

5. EL SIGNIFICADO DEL SIGNIFICADO

Gracias a las meditaciones de Wittgenstein sobre el pensamiento y el lenguaje y a los planteamientos, en el idioma común y corriente, de las

paradojas de Russel, se empezó a considerar la lingüística como herramienta fundamental para investigar la naturaleza del conocimiento. Y así, de una manera natural, entró en escena un nuevo actor: el lingüista Saussure.

Ferdinand de Saussure había nacido en Ginebra en 1857. Estudió en Leipzig y empezó a enseñar lingüística en Paris hasta que, en 1891, fue nombrado profesor de sánscrito (una lengua de la india). Saussure ejerció este oficio durante veintiún años, casi el resto de su vida. En 1912 la Universidad le encargó, de manera excepcional, un curso de lingüística general que impartió en 1913, el año mismo de su muerte.


Ferdinand de Saussure

Sus alumnos recopilaron sus enseñanzas y las publicaron en 1916 bajo el título, nada original, de *Curso Lingüística General*, sin que resultase ningún éxito editorial. Pero en 1922 Wittgenstein publicó su "*Tractatus*", donde se ponía de manifiesto, como hemos dicho, la importancia de la lingüística como instrumento de estudio del pensamiento. Y entre 1928 y 1983, el *Curso* de Saussure se tradujo a diecisiete lenguas y pasó a ser la base de la lingüística moderna. Por ello haremos un alto en nuestro recorrido histórico tras las raíces del conocimiento, para describir brevemente las ideas del ilustre profesor de sánscrito.

6. EL CURSO

Desde la aparición del lenguaje, los hombres se habían interesado por el poder que tienen las palabras para describir objetos, ideas y situaciones. Y desde que apareció la lingüística como ocupación, los lingüistas

habían perseguido el problema del origen del significado de las palabras. Hasta que Saussure dictó su curso, se suponía que la base del significado se encontraba en los orígenes del vocablo, y se estudiaba el problema siguiendo la evolución histórica (de forma diacrónica, tratando la misma palabra en distintos tiempos) pensando que el misterio se desvelaría al llegar a los orígenes etimológicos o fonéticos. Así, por ejemplo, el significado de **asesorar** se halla en el origen de la palabra, que se deriva de **ad-sedere**, refiriéndose a la costumbre que tenían los jueces de situar a una persona, versada en el tema que se estaba tratando, sentada en una silla al lado de la suya. En *el Curso*, por el contrario, se plantea el significado de una forma sincrónica, convirtiendo la investigación en una especie de estudio de instantáneas del lenguaje; esta idea la define Saussure de una forma extraordinariamente sintética: *una palabra significa aquello para lo que se utiliza*. Esta es la razón de que la misma palabra tenga significados muy distintos cuando se emplea en situaciones diferentes (piénsese en gato, por ejemplo).

Los elementos esenciales del lenguaje, tal como se desvelan en el Curso de Lingüística, son tres. El primero se refiere exactamente a la esencia del significado, y que puede enunciarse de la manera siguiente:

El significado es el nexo de unión (o la aplicación, o la función) que relaciona una palabra con el objeto real al que se refiere.

Pero, atención, esta afirmación no es una definición sino una ley. Una ley del mismo tipo que la de la gravitación de Newton o la de la fuerza eléctrica de Coulomb. Nos dice que el significado de la palabra *dragón* es exactamente aquello que nos hace relacionar el sonido de la palabra con la imagen del objeto (real o imaginado) que esa palabra evoca en nuestro pensamiento.

El significado es el mecanismo de enlace entre un símbolo, sonido o gesto y *una cosa,* en el sentido que emplea Wittgenstein esta palabra.

De acuerdo con estas conclusiones, el lenguaje es convencional y arbitrario; pero una vez establecido, una palabra significa algo porque **nos hace pensar** en una cosa determinada. **El símbolo** es la palabra o el gesto. **La cosa** a que nos referimos es lo que nos evoca. Y el proceso de **la evocación** en sí es **el significado**.

Esta definición de significado puede parecerse a la de Kant para la estética. El intento de construir un puente que sirva de unión entre el mundo material y el espiritual, el mundo de las cosas con el de los conceptos. Pero en el lenguaje, ese enlace se realiza por medio de un convenio entre los que hablan; en cambio, en el arte es el artista el que crea el signo (por medio de colores, formas, líneas, sonidos y volúmenes), y lo crea con la intención de evocarnos una idea o un objeto de una forma automática (aunque basada en el paradigma del

momento) sin necesidad de que antes tengamos que aprender el *idioma*.

Saussure descubre además, que el lenguaje se construye por medio de dos estructuras. Una de tipo horizontal, que llama sintagmática, que relaciona unas palabras con otras dentro de la misma frase (el sujeto con el verbo y el verbo con el predicado, por ejemplo). Y otra de naturaleza vertical, que llama paradigmática, que relaciona entre sí los elementos que realizan la misma función en distintas frases.

La estructura sintagmática genera toda una serie de relaciones de contigüidad que da lugar a dos figuras del lenguaje: metonimias y sinécdoques. La metonimia define como la sustitución de una cosa por uno de sus atributos u objetos asociados (*corona* por *monarquía*, por ejemplo) y el sinécdoque consiste en emplear una parte para designar el todo (como en la frase *era un rebaño de más de mil cabezas*) Se deriva la sustitución de *rey* por *corona.*

La estructura paradigmática es algo más complicada. Consiste, como hemos dicho, en la ordenación correlativa de sintagmas, conservando la misma estructura paradigmática (sujeto, verbo y predicado, en el caso más simple). Veamos un ejemplo que aclare estas ideas:

El gato es blanco

El perro es negro

Juan es Justo

Pedro es alto

Esta estructura es capaz de generar frases *correctas-desde-el-punto-de-vista-gramatical*, que es de enorme utilidad, tanto en el aprendizaje de la lengua como en su desarrollo.

Es esta estructura paradigmática la que emplea Chomsky para desarrollar su *Gramática Generativa*, hoy de uso común en los programas correctores de lenguajes artificiales (como el Basic, el Java o el Fortran), que tanto se emplean en informática. Consiste en sustituir sintagmas por frases o grupos de palabras. Lo vemos con:

Mi gato *es* **blanco**.

El felino que vive en mi casa *es* **del color de las nubes.**

Este tipo de estructuras es la genera las metáforas, otra importante figura del lenguaje, que consiste en emplear mecanismos sustitutivos o ficciones significativas, como en la expresión *cabellos de oro, dientes de perlas y labios de rubí*, en la hacemos uso de la estructura vertical siguiente:

Los cabellos *son* **amarillos**.

El oro *es* **amarillo**.

Y hacemos uso de la sustitución del predicado de la primera frase por el sujeto de la segunda.

Lo mismo ocurre en la siguiente metáfora de nuestro ejemplo,

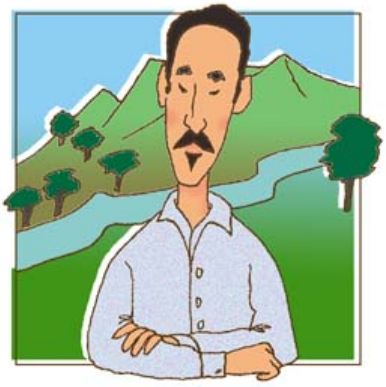
Los dientes *son* **blancos nacarados**

Las perlas *son* **blancas nacaradas**

En ella se sustituye el complemento directo de la primera frase por el sintagma nominal de la segunda. El lenguaje normal está lleno de ejemplos de este tipo. Puede que el más claro sea el de utilizar *lengua* por *idioma*.

Pero existen más posibilidades. Pueden formarse metáforas de tipo estructural, en las que los significados de sustitución se construyen en el mismo texto. En este caso el lenguaje funciona como un sistema completo, en el que se pueden organizar las diferentes partes para que jueguen el papel que deseemos. Esto se aprecia claramente en el verso de José Martí:

"Con los pobres de la tierra
Quiero yo mi suerte echar
El arroyo de la sierra
Me complace más que el mar"



José Martí

Apenas lo leemos, vemos que las palabras de la segunda frase forman su significado a partir de la división *pobres- ricos* en que la primera frase ha dividido el mundo. En ningún diccionario podríamos encontrar el significado que toma la palabra *arroyo* en el tercer párrafo, pues la toma como consecuencia de la división *arroyo-mar,* que en el verso se hace equivalente a la primera.
Como veremos más adelante ambas estructuras, sintagmática y paradigmática, están lo suficientemente desarrolladas en los niños al final del periodo sensorio-motor, como para ser empleadas en crear, desarrollar y transmitir sus propias ideas y pensamientos. Pero estas

estructuras, de acuerdo con Piaget, no las tenemos de forma innata; se desarrollan a través del diálogo (al principio solo escuchando) y del mismo ejercicio del lenguaje. Si un niño es sordo, no desarrollará estas estructuras, de la misma forma que no aprenderá a andar si permanece aislado y no puede observar a sus semejantes. Este es el caso de los *niños lobos* del siglo XIX criados entre animales desde su infancia. Cuando se les encontraba y se intentaba enseñarles a andar resultaba imposible, y seguían desplazándose a cuatro patas toda su vida.

7. SAUSSURE PASA A LA HISTORIA DE LA FILOSOFÍA

El enfoque que Saussure dio a la Lingüística, (una vez asumida la posición de Wittgenstein de que la lengua era la transcripción del pensamiento), se extendió a otras actividades de la ciencia y dio lugar a una nueva forma de pensar, al *paradigma estructuralista*.

El lingüista ruso Roman Jacobson fue uno de los primeros intelectuales que tuvo conocimiento del Curso General. Realizó experimentos de clínica empleando enfermos con dificultades para expresarse verbalmente. En todos se observaban sustituciones de palabras del tipo metonímico o del metafórico, lo que proporcionó un importante respaldo experimental a las conclusiones de Saussure.

Poco antes de la segunda guerra mundial, Jacobson se trasladó a América, desarrollando su trabajo en las Universidades de Columbia y Harvard. Allí conoció a Levis Straus y le comunicó las teorías de Saussure y su consiguiente comprobación experimental. Levis Straus se dio cuenta inmediatamente de que las relaciones entre símbolo, o signo y pensamiento eran, además de la base del significado, el punto de unión entre el medio natural y la cultura. Desarrolló unas teorías tan sólidas en Antropología Social que está considerado, junto con Saussure, como uno de los padres del estructuralismo.

4. LA NATURALEZA DEL SIGNIFICADO

1. ¿CÓMO SE ALMACENA EL CONOCIMIENTO?

Una cuestión tan interesante, aunque no tan fundamental, como la de la naturaleza del significado, es la de la forma en que escribimos o almacenamos el pensamiento o, lo que es lo mismo, el lenguaje. Pero ya sabemos que las palabras se pueden escribir en cualquier código (concepto en el que se incluye también el de lengua o idioma) y en cualquier tipo de soporte que permita algún tipo de modificación permanente.

Las palabras pueden escribirse por medio de conexiones neuronales, en un código todavía desconocido; en disquetes o discos duros con el código binario magnético; en un CD o en un DVD, con códigos ópticos binarios; incluso en un papel o una pared con un 1código alfabético de 30 caracteres; en jeroglífico, en Morse, (con un código de puntos, blancos y rayas), o de cualquier otra forma que se nos pueda ocurrir.

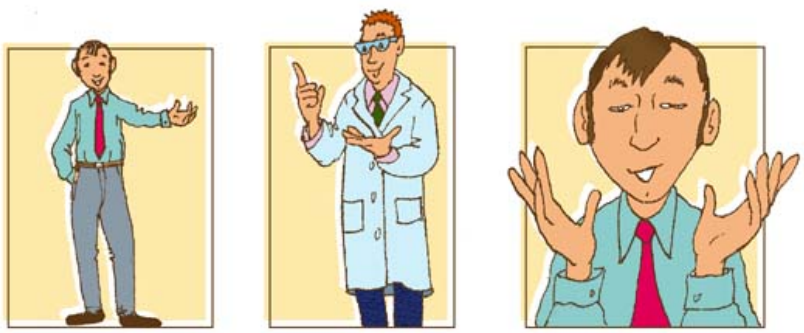
Piedra de Roseta

Si escribimos el texto de la piedra Roseta en un papel, un disco magnético y un CD, decimos que los seis registros (contando los tres de la inscripción) contienen la misma información.

El código y la forma de registro son cuestiones sin importancia en cuanto al significado se refiere, por eso no la tratamos aquí. De todas formas podemos aprovechar el fenómeno de la decodificación para estudiar una cuestión importante. Por un lado, tenemos el registro de una palabra (por ejemplo, gato); por otro, la imagen del gato, que es el registro de la percepción de esa *cosa* del mundo. Como hemos dicho, el significado es la conexión que se establece entre ambos registros. Esta conexión es la base de la *inteligencia*, en el sentido de que es lo que nos permite *entender* el mundo. Esta conexión, que da significado a los sonidos y a las palabras, no es ni mucho menos automática. Esto puede verse por medio de un ejemplo sencillo: si oímos la frase "trae el gato", el sonido "gato" llegará a nuestros oídos, donde se amplificará y decodificará en el oído interno, transformándola en impulsos nerviosos que se envían a la zona apropiada del cerebro. Allí se identifica con una palabra ya conocida, (gato es un sonido del que tenemos un registro previo), y se procede a realizar la conexión con la imagen del objeto correspondiente. Pero, aún en este caso sencillo, nos encontramos con dos posibles caminos del significado: un gato de los que sirven para elevar un coche o un animalito que caza ratones. La elección del significado apropiado solo podemos hacerla por un análisis del contexto en que se emplea: depende de que el relato tenga lugar en un taller de coches o en la consulta de un veterinario.

Lo que queremos señalar es que *la conexión significativa* no es una aplicación biunívoca, determinista, sencilla y fácil de programar, sino un proceso complicado cuyo funcionamiento se está intentando simular en los programas de inteligencia artificial. Infinidad de chistes y acertijos se basan en esta multiplicidad de posibles significados; el que nos haga gracia o descubramos la solución depende de nuestra habilidad para descubrir el camino correcto, el camino que conecta el registro verbal con la imagen de la *cosa-en-el-sentido-de-Wittgenstein,* a la que se

refiera el texto. Para aclarar esta idea podemos citar un chiste, a manera de ejemplo o ilustración de este punto:



- Doctor, quiero hacerme unas gafas.
- Y las quiere Vd. Para cerca o para lejos.
- Bueno, doctor, -contesta el paciente tras una breve pausa- como para dentro de la provincia.

En este caso parece que el cerebro tuviese que dar un salto entre dos significados diferentes de cerca y lejos (realmente se refieren al mismo significado pero en dos escalas de valores de la distancia). En el contexto de la óptica, el concepto de *visión de cerca* y *visión de lejos* se desarrolla en una distancia que varía entre veinticinco centímetro y cinco metros, en tanto que en el contexto geográfico nos estamos refiriendo a algunos kilómetros. Y parece como si en esta rápida deriva, el dedo que marca la correspondencia entre referente y referido en busca del significado correcto nos hiciese cosquillas en el cerebro y nos produjese risa.

Un caso especialmente interesante es el que intenta cambiar artificialmente el lenguaje. Su objetivo es el de modificar los significados de símbolos ya existentes, o crear significados nuevos (como el de

elegancia, distinción, poder de seducción, etcétera.) asociándolos a marcas comerciales de bienes de consumo, construyendo así una especie de *bienes de consumo virtuales* que proporcionan al producto un valor añadido. Esto se consigue por medio de anuncios comerciales en los medios de comunicación (aunque existen otros medios menos honrados, como los mensajes subliminales, más propios de manipuladores del lenguaje que de especialistas en comunicación).

2. EL CASO ESPECIAL DE LA CIENCIA

La situación de indeterminación del significado a la que nos hemos referido en el apartado anterior es la base de las posibilidades literarias del lenguaje; pero lo hacen inútilmente complicado para su empleo en una descripción precisa de la realidad. Por esa razón se han desarrollado lenguajes especiales, para situaciones en las que no se pueden permitir equívocos. En un barco se habla de sotavento y barlovento o de ponerse al pairo, como formas de referir la posición del barco respecto del punto del que sopla viento, independientemente de cual sea ese punto, para evitar equívocos que pueden resultar fatales en un momento de peligro.

Uno de estos lenguajes especiales, desarrollados para incrementar la precisión y objetividad de sus descripciones es el lenguaje científico. Debe ser inmune a las indeterminaciones del lenguaje vulgar; la forma en que lo consigue nos interesa y es importante para investigadores y maestros. Se consigue sustituyendo el lenguaje literario, con el que nos entendemos entre nosotros y con nuestros alumnos, por el lenguaje matemático. El único inconveniente es que requiere que este lenguaje sea conocido previamente. Pero si contamos con los conocimientos matemáticos necesarios, la aplicación es muy sencilla y consta sólo de dos pasos. Consideremos, por ejemplo, que tratamos del área de un

círculo trazado en un plano. En primer lugar asignamos los significados ya conocidos de área y radio a los símbolos que elijamos, de manera arbitraria y provisional: sea **A,** el valor de la superficie de un círculo cuyo radio tienen una longitud **R.** En todos los casos se cumple la relación

$$A = \pi \bullet r^2$$

Donde hemos supuesto que el significado de π es conocido.

Como hemos dicho, y vemos claramente en este ejemplo, en el lenguaje científico, a diferencia del literario, las asignaciones de significado se hacen, en general, de manera provisional y arbitraria. Esto no plantea ningún inconveniente y permite, en cambio, que los textos científicos sean entendidos por cualquier persona que conozca nuestro alfabeto, aunque tenga solo un conocimiento superficial de la lengua empleada.

3. APARICIÓN DEL LENGUAJE

El lenguaje, de acuerdo con las teorías de Wittgenstein y Piaget y las ideas modernas de Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos, aparece por un procedimiento de etiquetado de *imágenes* y *acciones* (que corresponden a *nombres* y *verbos*). Vamos a presentar aquí el caso de la aparición de una palabra con contenido verbal, que consideramos el más ilustrativo de los sintagmas.

Elijamos un niño de 10-15 meses que empieza a andar. Este niño se encuentra en una etapa en que su pensamiento maneja fundamentalmente *acciones*. Cuando desea que su padre le tome en brazos, en su pensamiento se representa una acción y, en consecuencia, para expresar su deseo reproduce lo mejor que puede esa acción y levanta los brazos hacia su padre.

Este gesto pronto pasa a ser el símbolo de la acción completa, por medio de un proceso de tipo sinécdoque (como emplear "vela" en lugar de barco, pero sustituyendo aquí una acción por un gesto). El hecho de levantar los brazos se convierte en un *signo*, puesto que su padre lo entiende. El niño ha descubierto el lenguaje al dotar de significado a un signo. Este caso corresponde a un sintagma verbal que, de acuerdo con Piaget, es el más sencillo de convertir en signo.

Si a la vez que el padre levanta al niño dice alguna expresión relativa al acto, como por ejemplo *aúpa*, el niño asociará el sonido *aúpa* a la acción completa, y establecerá la conexión entre la voz y la acción. Por medio de esta asociación (que se registra en el cerebro mediante conexiones neuronales) se ha dado significado al término "*aúpa*", uniendo una etiqueta sonora a una acción física. Cuando el niño oiga el sonido *aúpa* (aun antes de saber pronunciarlo) lo relacionará con la acción asociada. La importancia de dar significado a la etiqueta sonora (palabra) es múltiple:

1. En primer lugar nos permite la sustitución de un gesto por un sonido, con las ventajas que esto representa.
2. En segundo lugar, y mucho más importante, es que el uso de una palabra nos permite *conjugarla*, por el sencillo procedimiento de cambiar sus terminaciones. Por este método podemos situar la acción en distintos tiempos, pasados o futuros (aupar después = auparé, aupar antes = aupó)
3. en tercer lugar citaremos la característica esencial de la utilización de la palabra: se puede emplear en estructuras verticales, distintas una de otras, cambiando el sujeto y el predicado y permitiendo así expresar nuevos pensamientos. Estos cambios de tipo paradigmático, en el sentido que los da Saussure, son importantísimos, pues están en la esencia del proceso de creación

del lenguaje. La capacidad de desarrollar estos procesos es innata en el ser humano y se encuentra en la base misma de la cultura. Veamos un ejemplo:

Si el niño ve que su padre *aúpa* a su hermano, asociará las dos acciones de su padre con el mismo verbo, pero con diferentes complementos. Al tratar de pensar en ambas acciones construirá las frases

Papá- aúpa- yo y

*Papá- aúpa- mi hermano***.**

Por primera vez se forma un pensamiento despiezado en sintagmas. Recordemos que las etiquetas son manejadas de manera semejante a como se manejan las *cosas* y a las *acciones*. A partir de este momento, por medio del mecanismo vertical de Saussure, se pueden formar más frases:

Mamá-aúpa-yo

Abuelo-aúpa-el gato de los vecinos

También por un mecanismo de naturaleza paradigmática de sustitución, aparece el germen de los juegos de rol que se desarrollarán en la etapa preoperacional (de 2 a 6 años): **"Yo-aúpo-muñeco"**, donde *yo* sustituye a *papá* o *mamá* como sintagma nominativo y *muñeco* sustituye a *yo* o *mi hermana,* en el oficio de complemento.

Este proceso es el responsable de la imitación. El niño está ya en situación de abordar el contenido cultural de su sociedad (sustituyendo *yo* por *jardinero*, *fontanero*, etcétera.). Se encuentra al final del estadio sensoriomotor. En este momento dispone de registros y etiquetas referidas a acciones concretas y objetos concretos. Está en la misma situación que aquel personaje de una novela de Borges, condenado a recodar solamente objetos concretos, sin emplear conceptos de valor universal. Funes el memorioso, en la historia de Borges, recordaba cada mesa que había visto, cada rostro que conocía, pero no tenía el concepto de *mesa,* que agrupa a todas las infinitas mesas del mundo; y lo mismo le ocurría con los perros, las personas, los libros… Claramente es muy difícil avanzar por los caminos del conocimiento de esta manera tan precaria. Por muy extensa que sea la zona de memoria y muy grande la capacidad de conexión, el número de *cosas* diferentes que hay en el mundo es demasiado grande para que podamos formar una imagen exacta de él. Debemos comprimir de alguna manera el mundo, en sentido en que esta palabra se emplea en informática, para que nos quepa en el cerebro. A este proceso lo llamarán Piaget e Inhalter (en su Psicología Genética) *proceso de conceptualización,* y a él nos vamos a referir a continuación.

4. PROCESO DE CONCEPTUALIZACIÓN: UN PROCESO FUNDAMENTAL EN CIENCIA.

(Etapa de inteligencia representativa preoperatoria)

Wittgenstein nos refiere un hecho que le dio la clave para desarrollar su teoría sobre el pensamiento. Ocurrió en el desarrollo de un juicio legal referente a un accidente de circulación. En el juicio se emplearon coches de juguete para reconstruir el accidente y, de acuerdo con los testimonios de los diferentes testigos, se representaron las distintas formas en que se decía que ocurrió el accidente.

Para Wittgenstein, los cochecitos hacían en el juicio el mismo papel que las palabras en nuestro pensamiento: *sustituían las cosas del mundo*. Pero, como hemos dicho, las cosas del mundo son demasiadas para ponerlas nombre a todas. Es necesario formar conceptos: conjuntos de *cosas*, de infinitas *cosas*, de manera que podamos dar un nombre a esos conjuntos, construyendo así las *ideas universales* de Platón.

Veamos cual es, de acuerdo con Piaget e Inhalter, ese proceso, en todo semejante al que tiene lugar en el mundo de los científicos cuando aparece un nuevo fenómeno.

Supongamos que el niño que tomamos de sujeto de nuestras divagaciones, tiene un perro que se llama Nai. Cuando el niño vea otro perro, su imagen le evocará la etiqueta de la *cosa* concreta más parecida que conoce, Y dirá, a la vez que lo señala: Nai. La acción de señalar sustituye al verbo, de manera que todo el proceso equivale a decir *esa cosa es un Nai*). Está asociando bajo la misma etiqueta, más

de una *cosa* del mundo real. Esta operación lógica constituye el proceso de conceptualización, consistente en asociar a un conjunto de infinitos elementos una sola etiqueta. Lo mismo ocurre con los señores (un papá) y las niñas y los niños...

El proceso de conceptualización es básico en ciencia. La expresión…

...fuerza = masa x aceleración…

es una relación en la que intervienen conceptos e implica que se cumple para todos los elementos de los tres conjuntos: todas las fuerzas, todas las masas, todas las aceleraciones del Universo.

La historia de la ciencia es una historia de conceptualizaciones. Cada una de ellas implica una forma de ver el mundo. Aristóteles, que tenía alma de biólogo, cometió el error de agrupar a los seres vivos y a los inanimados en el mismo conjunto, y dotó a todos sus elementos de una finalidad en sus actos. También lo hacen los niños en su etapa animista. Lo que aprende un ser humano a lo largo de su vida es el resumen de los conocimientos que constituyen la cultura de la sociedad en la que nace. Eudoxio de Cnidus, alumno de la Academia y amigo de Platón, cometió un importante fallo de conceptualización y colocó al Sol (brillante y caliente) en el mismo saco que Venus, Marte, Júpiter y Saturno. Aristarco de Samos, en cambio, sesenta años después conceptualizó correctamente los cuerpos celestes, dividiéndolos en tres conjuntos distintos: por un lado los planetas, por otro el Sol y, en otro de naturaleza diferente, la Luna.

5. EL PAPEL DE LA CONCEPTUALIZACIÓN EN EL LENGUAJE

La capacidad de manejar conceptos dota al individuo de una potencia de tratamiento lógico imposible si se manejasen *cosas* separadas, como era el caso de Funes el memorioso. Esa potencia se debe a las operaciones que pueden hacerse con los conjuntos: intersección, producto, particiones, etcétera.

El trabajar con conjuntos nos permite referirnos a la mesa grande de despacho de mi abuelo en la casa de la sierra, de una manera tan precisa como si tuviera un nombre propio. En el conjunto de todas las mesas hemos hecho una clasificación entre grandes y pequeñas y nos hemos quedado con las grandes; el conjunto resultante lo hemos dividido en dos: mesas de despacho y las demás mesas, etcétera.

¿Cuál es la causa por la que las personas se interesen por aprender? Desde pequeños chupan, tocan, miran, observan...Construyen telescopios y microscopios, descubren los rayos X y ven lo que antes era invisible, lanzan satélites, fabrican cohetes…

Este extraño comportamiento tiene que obedecer a algún mecanismo de naturaleza fundamental, ya que tanto los científicos como los exploradores y los astronautas han estado dispuestos a dedicar sus vidas (a veces con peligro de perderla) a estas tareas relacionadas con el conocimiento.

Respuestas a esta pregunta, ha habido varias. Los conductistas, seguidores de Paulov, la sitúan en los reflejos condicionados. Los psicoanalistas, en impulsos sociales o en “hacerse valer”. La mayoría de

los científicos la basan en la curiosidad. Otros, en una especie de placer, de naturaleza misteriosa, que va unido al hecho de aprender.

Los especialistas en inteligencia artificial, más pragmáticos, están haciendo ensayos con programas que intentan modelizar un comportamiento inteligente. Y han visto que para que esta inteligencia sea operativa, deben dotar a las máquinas de un mecanismo de premio, relacionado de alguna manera con sensaciones de placer y asociadas a los caminos lógicos de perseguir y evitar.

Ante una pregunta o problema, la máquina busca todas las posibilidades de acción y elige, entre todas, las que resultan en una cantidad mayor de premio o cantidad menor de castigo.

En los seres humanos, según las teorías más aceptadas, el proceso de aprender (ya sea investigando por cuenta propia o estudiando lo que otros han descubierto), está asociado a la producción de dopamina, que estimula de alguna manera el centro del placer en el cerebro. Se produce dopamina cuando tenemos hambre y comemos o, cuando adquirimos algún tipo de conocimiento.

6. HAAL, UN EJEMPLO DE PROGRAMA INTELIGENTE

El Haal es un programa de Intelgencia Artificial que posee la capacidad de aprender (en la forma que hemos expuesto). Ha sido diseñado por la psicóloga Anat en la Universidad de Tel-Aviv. Su propósito es superar la prueba de Turing y encontrar empleo como interlocutor en conversaciones sencillas, sustituyendo a los que hacen este oficio en las consultas por internet. Haal se comunica alfabéticamente por medio de la pantalla y el teclado. Anat está enseñando a hablar a Haal, y cuando Haal comete un error Anat lo corrige por medio del teclado. Las coincidencias entre lo que Haal ha dicho y la corrección de Anat son

tomadas como premios, y las diferencias como castigos. Toda la programación de Hal está dirigida a conseguir el mayor número de premios y el menor número de castigos. A mediados del año 2002 manejaba casi 100 palabras y podía construir y entender casi 300 frases.

Si se medita un momento sobre este modelo de aprendizaje, se pueden deducir algunas importantes consecuencias:

1. Tanto la idea de premio como de castigo están basadas en una relación afectiva con los padres y maestros, y dependen de la postura y que ambos adopten y de su escala de valores ante el conocimiento.
2. Las sensaciones de premio y castigo en el aprendizaje (y por tanto, con perdón de los constructivistas puros, de su comportamiento

social) están determinadas por la valoración que su entorno social conceda a la educación, ciencia, etcétera.

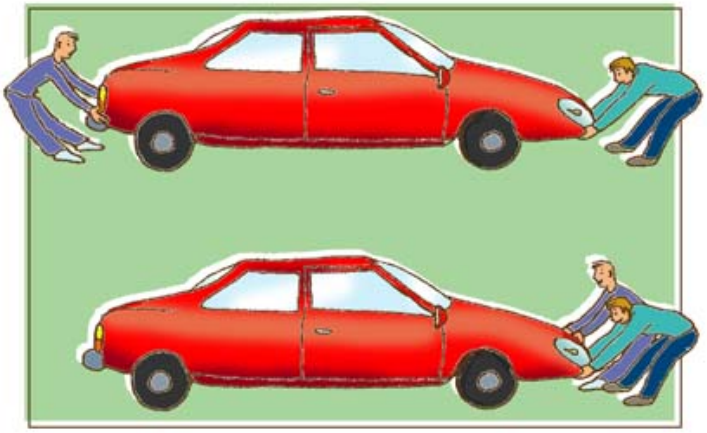
3. Es famoso el comentario que hizo Feyman sobre la enseñanza: *la inclinación innata del niño por aprender constituye un regalo peligroso, un caramelo envenenado. El niño no tiene filtro ético, moral ni religioso. Consecuentemente está a merced de sus padres y maestros a la hora de aprender*.

Se le puede enseñar a robar o engañar, simplemente mostrando alegría cuando trae a casa mayor número de objetos sustraídos. El niño está asimismo indefenso ante los valores éticos y morales. Se le puede hacer machista, feminista, racista, etcétera, sin más que actuar sobre él por medio de las valoraciones de sus comportamientos.

4. La actitud ante sus semejantes.

No queremos terminar este apartado sin citar algunas consideraciones de Einstein sobre la enseñanza. Señala como especialmente

equivocada la postura, muy extendida, de promover la competitividad ente los alumnos. Dice Einstein que esta idea, obtenida de un análisis superficial del proceso darwinista, constituye un error gravísimo si se aplica a la educación de seres humanos. Si existe un caso claro en que el principio de la lucha por la vida no es aplicable, este es el de los individuos de una especie social, como las hormigas, las abejas o los hombres. Si los animales sociales luchasen entre sí en vez de mostrarse solidarios hasta el límite, hace tiempo que hubieran desaparecido las hormigas, los hombres y muchísimas especies más.



7. LA NATURALEZA DEL LENGUAJE

Como hemos visto, en el modelo constructivista las palabras son equivalentes a las piezas de un rompecabezas que, puestas en el lugar correcto, forman la imagen final del conocimiento. Esta idea, difícil de matizar, la expresa magistralmente Benito Pérez Galdós en uno de sus

episodios nacionales. Gabriel, un cajista experimentado en el manejo de las letras, nos lo explica de de la manera siguiente:

> *"Cuando no me ocupaba en estas alabanzas, departía mentalmente con ella. En tanto, las letras pasaban por mi mano, trocándose de brutal y muda materia en elocuente lenguaje escrito. ¡Cuánta animación en aquella masa caótica! En la caja, cada signo parecía representar los elementos de la creación, arrojados aquí y allí, antes de empezar la gran obra. Poníalos yo en movimiento, y de aquellos pedazos de plomo surgían sílabas, voces, ideas, juicios, frases, oraciones, períodos, párrafos, capítulos, discursos, la palabra humana en toda su majestad; y después, cuando el molde había hecho su papel mecánico, mis dedos lo descomponían, distribuyendo las letras: cada cual se iba a su casilla, como los simples que el químico guarda después de separados; los caracteres perdían su sentido, es decir, su alma, y tornando a ser plomo puro, caían mudos e insignificantes en la caja".*

En el último siglo han aparecido tres formas de entender el papel del lenguaje como medio de entender el mundo, que describiremos brevemente a continuación.

1. *El modelo fotográfico pasivo*, profundamente imbuido en nuestra cultura occidental, considera el lenguaje como un simple instrumento de descripción del mundo. De acuerdo con este punto de vista, la frase *Juan está sentado al lado del fuego leyendo un libro,* tiene un valor *pictórico*, describiendo una escena que es independiente del lenguaje mismo, de la misma manera que lo que

nos muestra una fotografía es independiente del aparato fotográfico empleado.

2. *El modelo fotográfico activo*, enunciado por el lingüista Benjamín Lee Wolf y conocido como *hipótesis whorfiana o de Sapir-Whorf* . Este modelo considera el lenguaje como nuestro único instrumento de entender la realidad, actuando como *traductor* entre la escena real que vemos y la imagen interior que formamos de ella. De esta forma, al estar situado entre el mundo exterior y nosotros, solo puede transmitirnos lo que el lenguaje mismo es capaz de expresar, constituyendo una especie de filtro que rechaza aquellos conceptos que no están incluidos en el idioma.

   Esta teoría nació como resultado de los trabajos de investigación de lingüistas y antropólogos americanos sobre las culturas autóctonas. Cuando intentaban traducir al inglés las leyendas, historias y conocimientos que estaban expresados en sus lenguas vernáculas, observaron que no había correpondencia directa entre las categorías y conceptos de ambas lenguas. El ejemplo mejor conocido, aunque apócrifo, es el de las diez formas distintas de nieve que distinguen algunos esquimales, que ellos describen con otras tantas palabras, de imposible traducción a ninguna de las lenguas occidentales. Para Whorf esto implica que cuando una persona de habla inglesa contempla un paisaje nevado, no es capaz de *ver* más que los dos tipos de nieve que conoce, obteniendo una descripción de ese paisaje mucho más pobre y menos exacto que el obtenido por los esquimales. Así, la elaboración del concepto de densidad por Arquímedes, permitió *entender* los fenómenos de flotación, cosa imposible si no se maneja este concepto.

3. *La teoría constructivista*, enunciada por Wittgenstein para oponerse al modelo fotográfico, que otorga al lenguaje la capacidad no solo de describir la realidad sino de intervenir en la realidad misma. Está relacionado con el modelo que Whorf, aunque Wittgenstein lo propuso en Oxford algunos años antes.

Para Wittgenstein, el lenguaje puede *inventar* conceptos nuevos, tales como la libertad, igualdad y fraternidad de la Revolución Francesa, o concebir proyectos como el de mandar una persona a la Luna o construir una autopista, e incluso acordar acciones conjuntas (como la de formar una sociedad o contraer matrimonio), cuyo fin es el de modificar una realidad existente.

El modelo de Piaget constituye una nueva visión del problema del racionalismo.

Recordemos las dos teorías sobre el origen del conocimiento: la racionalista de Platón y Descartes y la empirista de Aristóteles y Galileo. Platón defiende que el conocimiento se encuentra dentro de la persona, que nace con él. Aristóteles, en cambio, preconiza que está únicamente en el mundo real. En esta situación Piaget, más de dos mil años después, elabora una teoría nueva en la que el la construcción del conocimiento es el resultado de una relación dialéctica entre individuo y el mundo. Veamos como funcionaría en un simulador imaginario.

8. LA REALIDAD Y LA FICCIÓN, EL SIMULADOR DE WITTGENSTEIN (La magia de la palabra y la objetividad de la ciencia)

Podemos decir que cada uno de nosotros dispone de un simulador del mundo real que lee y produce programas, codificados en lenguaje. Cuando leemos un texto, cada una de las palabras nos evoca objetos,

ideas y situaciones, sentimientos y estados de ánimo, por medio del significado que nosotros les tenemos asignado.

Cuando pensamos también podemos transmitir a los demás nuestro pensamiento por el mismo medio hablado o escrito: el lenguaje. Y aparentemente, los simuladores personales de los que disponemos son tan parecidos entre sí que incluso asocian el mismo significado a construcciones que se refieren a cosas que no existen realmente y que no habían oído nunca. Por eso, expresiones como *buzón de voz*, son entendidas y utilizadas como si realmente existieran. Tienen una forma de existencia que podríamos definir como virtual o de ficción, y su precaria existencia se debe a que todos hemos conceptualizado la idea de forma semejante. Realidades virtuales son Doña Inés y Don Juan, e incluso el amor que se profesan los mismos personajes.

El simulador del lenguaje es tan potente que a veces es imposible distinguir si una idea es imaginada o real. La historia está llena de ejemplos en los que las personas mueren o matan por ideas. Esto nos crea un problema filosófico importante ¿Cómo distinguir lo que es real de lo que no lo es?

Llegados a este punto tenemos que definir la parte del mundo que es el objeto de la ciencia. Esa parte del mundo está compuesta por las cosas cuyas propiedades se pueden medir. El resto del mundo, formado por *cosas* cuyas propiedades no se pueden medir, cae fuera del campo de aplicación de la ciencia. ¿Es real el significado de libertad? Cuando leemos el Buscón de Quevedo, todos nos reímos, y cuando leemos las Coplas de Jorge de Manrique, todos nos conmovemos; entendemos lo que nos quieren comunicar. Pero cuando se trata de un texto político, religioso e incluso deportivo, si somos partidarios de alguno de los equipos que han participado, las cosas cambian de forma drástica. Lo que a unos produce orgullo a otros produce desprecio y a algunos

indiferencia. Aquí las realidades virtuales no son tan universales como el *buzón de voz*. La cultura, conocimientos, historia personal y afectos de la persona que lee influyen en la interpretación del texto.

Esta subjetividad resultante, que otorga al lector la misma importancia, al menos, que la que se concede al texto (es decir, al programa), pone en peligro la integridad de los conocimientos transmitidos, absolutamente indispensable para construir ciencia. Por ello, los conceptos que se utilizan en un contexto científico responden a definiciones claras y precisas, que corresponden siempre a cualidades observables y susceptibles de ser medidas. Así, energía y trabajo en el contexto de la física tienen un significado diferente del que tienen en el lenguaje literario, aunque se emplee la misma palabra en ambos casos. La única manera de entenderse en esta especie de idioma de dobles sentidos está en la formación y entrenamiento del alumno, que debe aprender ese lenguaje específico. A través de la enseñanza establecemos los significados científicos de conceptos como ácido, base, energía, fuerza, gen, etcétera, de manera que sea exactamente el mismo para todos los que lo utilizan. Su significado es único y no depende del contexto. Esta información necesaria para unificar nuestros lenguajes, es lo que convierte a la ciencia en una forma universal de ver el mundo. Y esta etapa previa de formación creemos que debe comenzar tan pronto como la estructura mental del alumno lo permita.

9. POPPER Y EL TEST PARA DISTINGUIR LA CIENCIA DE LA PSEUDOCIENCIA

Karl Raimund Popper se educó en la capital de Austria, en la década de 1920, en un ambiente en el que imperaba el inductivismo de la llamada Escuela de Viena. Él mismo nos cuenta cómo se desencantó de esa idea. Básicamente, el inductivismo considera que las leyes de la ciencia se construyen directamente, de una manera casi automática, a partir de

los resultados de los experimentos. Popper señala cómo tanto los marxistas como los freudianos, explicaban los mismos hechos históricos por medio de sus dos teorías (tan dispares), y ambos concluían que las explicaciones eran las correctas. Y Popper llegó a la conclusión de que las dos teorías eran suficientemente flexibles como para acomodarse a cualquier situación histórica o de comportamiento humano, dando la falsa sensación de que explicaban los hechos.

Popper compara esta situación con la forma, completamente diferente, en que la comunidad científica planteó la comprobación de la teoría general de la relatividad de Einstein. La teoría predecía que la luz, al propagarse, debería sentir la acción de la gravedad como cualquier forma de energía y su trayectoria debería curvarse al pasar cerca un cuerpo de masa elevada, como es el caso del Sol.

En consecuencia, un observador que apuntase su telescopio a una estrella la vería en posiciones distintas si lo rayos de luz pasaban cerca del sol si éste no se encontraba en su camino.

Eddington, en 1919, llevó a cabo este experimento durante un eclipse y comprobó que los resultados estaban de acuerdo con las predicciones de Einstein y, en consecuencia, la teoría general de la relatividad fue aceptada.

10. TEST PARA DISTINGUIR LAS CIENCIAS DE LAS PSEUDOCIENCIAS

Popper dio al concepto de comprobación experimental una interpretación nueva. Para él, lo verdaderamente importante no era el hecho de que la observación de Eddington implicara la validez de la teoría general de la relatividad, sino que existía un método para demostrar que la teoría general de la relatividad era falsa.

Y Popper empleó esta posibilidad de *falibilidad*, como característica esencial que servía para separar las creencias, explicaciones y teorías en dos categorías: científicas y pseudocientíficas. El nuevo enfoque de Karl Popper fue ganando adeptos y hoy la comunidad científica lo toma como el test que diferencia y distingue la ciencia de la pseudociencia.

11. KUHN Y LA ESENCIA DE LOS AVANCES CIENTÍFICOS

Thomas Kuhn publicó su libro, *La estructura de las revoluciones científicas*, en 1962 y le añadió una adenda en la edición de 1970. De la misma manera en que Popper se centró en la naturaleza de una teoría para tener carácter de científica, Kuhn estudió las características que ésta debe presentar para producir una revolución en la ciencia.

La idea de Kuhn es la de señalar el carácter revolucionario del progreso en la ciencia, que no consiste en una simple acumulación de conocimientos *sino en un cambio brusco de paradigma científico*, es decir, en la forma de ver la realidad.

Podemos ilustrar esta idea si estudiamos la revolución galileana. Hasta el siglo XVII, el paradigma o marco científico era el de Aristóteles, según el cual Universo se halla dividido en dos partes de naturaleza diferente, con la Tierra en el centro: la imperfecta, corruptible y cambiante que llegaba hasta la esfera de la Luna y la perfecta, inmutable e incorruptible, sin movimiento alguno, que se extendía más allá de esfera de lunar. Pero fueron las interpretaciones que Galileo hizo de las observaciones de Ticho Brahe, elaboradas y digeridas por Keppler, y de las suyas propias, obtenidas empleando su telescopio, las que destruyeron ese paradigma imponiendo la nueva visión que se ha llamado Copernicana, cualitativamente distinta. El experimento crucial, decisivo para este cambio, fue la observación que hizo Galileo del movimiento de los satélites de Júpiter, situado más allá de la esfera de la Luna.

Es un hecho conocido que la comunidad científica (aunque no fue la única) reaccionó violentamente ante ese cambio de paradigma. Demasiado acostumbrada a concebir el mundo de acuerdo con el modelo de Ptolomeo, se resistió a la nueva forma, revolucionaria, debida

a Copernico. Podemos citar las palabras de Lord Kelvin a este respecto: *la ciencia avanza porque los científicos de una generación mueren y los jóvenes de la generación siguiente estudian las ideas nuevas antes de contaminarse con las viejas, no teniendo así que pasar por la dolorosa experiencia de cambiar de modo de pensar*.

5. DERRIDA Y EL PROCESO DE "DECONSTRUCCIÓN"

1. PREJUICIOS Y PRECONCEPTOS

Ambas palabras suelen emplearse de forma indistinta, porque ambas llevan a situaciones semejantes. Por ejemplo, los niños piensan que la cantidad de materia de un objeto depende de su forma, y lo creen hasta una edad próxima a los seis años, siendo muy difícil que separen ambos conceptos. Y así, la humanidad pensó que la Tierra estaba quieta hasta finales del siglo XVI y la idea no fue aceptada completamente hasta bien entrado el siglo XVII. Los físicos y los químicos pensaron que el calor era una sustancia hasta el siglo XVIII, y creyeron que la vida aparecía de forma espontánea (que es algo semejante al error de los niños con la materia) nada menos que hasta el siglo XIX.

Al igual que Piaget dividió el desarrollo del niño en estadios, Kuhn dividió el desarrollo de la ciencia en etapas, cada una de ellas caracterizada por su paradigma. Y, separando estas etapas o estadios, tiene lugar una revolución. Tanto Piaget como Kuhn, emplean la misma palabra, *revolución*, tomada del título de la obra de Copérnico, publicada en 1543, *De revolutionibus orbium caelestium*. De manera semejante a cómo un niño, a los seis años aproximadamente, cambia su mundo y lo convierte, casi de la noche a la mañana, en un mundo cuantitativo, los científicos cambiaron, asimismo, su mundo, acabando con más de dos mil años de geocentrismo (si exceptuamos el caso asombroso Aristarco y algunos pocos alejandrinos más).

También cambia el mundo cuando Darwin explica su teoría de la evolución. Pero el cambio de paradigma, de forma de *entender* el mundo, suele llevar asociado un penoso periodo de adaptación.

Algunos, como Lord Kelvin, creían que esta adaptación solo era posible con la muerte de los físicos viejos y su sustitución por los jóvenes. Imaginemos, por ejemplo, el efecto que debió producir el anuncio que de que el concepto de simultaneidad absoluta es falso, que carece de contenido, que es realmente un prejuicio, un error. Igual que la idea de que si encendemos los focos de un automóvil y medimos la velocidad de la luz que sale de nuestros faros obtenemos el mismo resultado si la medimos desde el parachoques delantero que si la medimos situados en otro vehículo que se acerque en sentido contrario.

No resulta fácil destruir un concepto que hemos adquirido y utilizado, ni en los niños ni en los científicos. El considerar la masa y energía como una misma cosa, o el aceptar que los electrones pueden ser ondas, implica un cambio importante al que no es fácil acostumbrarse. En 1966, Derrida puso un nombre al proceso de sustituir un paradigma por otro. Lo llamó *decostrucción.*

Pero hagamos un alto en el camino. Nos servirá tanto para descansar como para contar cuatro verídicas historias de preconceptos, algunas de ellas clásicas, que han tenido lugar en los ámbitos de la investigación, en el aula y en la calle.

2. FOSTER Y SU LOCOMOTORA

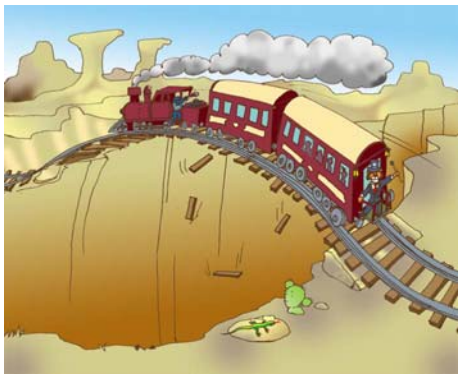
> Cuando Forster vio la luz roja al lado de la vía, puso a cero la palanca de la distribución, cerró el regulador y aplicó los frenos. El tren se paró justamente al lado del guardavías, que sostenía el farol en su mano derecha. Con solo unas frases comunicó al maquinista que el puente que los separaba de la siguiente estación, Medicine Bow, estaba en muy mal estado debido a las últimas lluvias. No era prudente intentar pasarlo.

Entre tanto los pasajeros comenzaron asomarse por las ventanillas con expresión de extrañeza, ya que no se veía ninguna estación que motivara aquella parada. Phileas Fogg se revolvió nervioso en su asiento. Tenía el tiempo justo para ganar su apuesta: dar la vuelta al mundo en ochenta días. El tramo de viaje en el que se encontraba era el de San Francisco a Nueva York. Estaba atravesando las Montañas Rocosas y debía llegar al Reform Club, en Londres, el día 21 de Diciembre de ese año, 1872, y ya estaban a 7 de Diciembre.

Fogg mandó a su criado Passepartout a investigar el motivo de la parada. Passepartout se acercó a la locomotora, done el maquinista y el revisor estaban hablando con el guardavía sobre la situación. Lo prudente era abandonar el tren, atravesar el puente a pie hasta el otro extremo y esperar allí a que llegase el tren de rescate. Pero Forster, el maquinista, y el Coronel Prector, uno de los pasajeros, eran de otra opinión.

- *Si lanzamos el tren a gran velocidad, el puente apenas sentirá el peso de la máquina y los vagones y podremos pasar sin ningún peligro,* sentenciaron. *La locomotora es muy potente y puede alcanzar las cien millas por hora*.

A Passepartout, como al revisor y al guardavías, aquello no le pareció prudente. Pero no era cosa de discutir y corrió a comunicarle a su señor el resultado de sus pesquisas. Los viajeros volvieron a sus asientos. Forster hizo sonar el silbato, invirtió la marcha y retrocedió una milla. Esperó a que el fogonero pusiese la caldera a su límite de presión de vapor y arrancó a toda velocidad en dirección al puente. Cuando la locomotora puso sus ruedas sobre aquella estructura de madera, iba casi cien millas por hora.



> Los viajeros, con el corazón encogido, miraban por las ventanillas, apretaban los puños o cerraban los ojos. Todos menos Phileas Fogg que, como buen inglés, ojeaba el periódico del día anterior sin prestar atención a cosa alguna.

De acuerdo con el relato de Julio Verne el tren pasó como un relámpago. Apenas había llegado al otro extremo, el puente se hundió con gran estrépito en el río Medicine Bow. Sin duda, a los audaces les protege la fortuna, porque tanto el coronel como el maquinista habían tomado una decisión contraria a las leyes de la mecánica, de la lógica y del sentido común. Su decisión se basaba en uno de los "preconceptos" más extendidos**: los cuerpos pesan menos cuando se mueven que cuando están parados.**

El mismo error que mostraba Julio Verne en su novela lo vimos hace poco tiempo en un grupo de conductores de camiones y autobuses; y los razonamientos por los que llegaban a esa conclusión *parecían* correctas. Cuando un razonamiento parece correcto pero lleva a conclusiones falsas, decimos que estamos ante una paradoja. La llamaremos la *paradoja del puente*.

Afortunadamente los ingenieros de obras públicas y de los ferrocarriles lo saben y en los puentes débiles ponen señales que limiten la velocidad a 20 kilómetros por hora o incluso a menos. Pero veamos como se estructura este preconcepto.

3. JUAN Y SU CAMIÓN

Juan, el conductor del camión de gran tonelaje, nos refiere que cuando su vehículo está parado debe hacer un gran esfuerzo para levantar una rueda. Como el peso total del vehículo es de 16 toneladas, así que la

fuerza necesaria para levantar una rueda del suelo y poder cambiarla es del orden de 4.000 kilos. Esta es una experiencia que cualquier conductor tiene. Además, cuando el camión se para en una rampa, con un simple adoquín usado a manera de calzo se consigue que el camión no se deslice.

En cambio, cuando se conduce por carretera a 80 Kilómetros por hora las cosas ocurren de diferente manera. Basta con que las ruedas pasen por un pequeño bache o una piedra de reducido tamaño para que el camión, con sus 16 toneladas, salte por el aire perdiendo contacto con la carretera. Además, se nota perfectamente que pierde adherencia al aumentar la velocidad.

Estos fenómenos tienen una explicación clara. Según nuestro amigo,

un vehículo pierde peso al aumentar su velocidad, de acuerdo con la opinión de Foster, el maquinista del tren en el que viajaba Phileas Fogg. En consecuencia, es lógico pensar que se debe pasar a gran velocidad por un puente en mal estado para disminuir el peso del vehículo.

Las hipótesis, aunque nos parezcan *de sentido común*, tienen que comprobarse por medio de experimentos. Estos experimentos deben diseñarse para que su resultado no deje lugar a dudas sobre lo acertado de la de la hipótesis, como el experimento crucial de Eddington para comprobar la teoría de Einstein. Además, deben

consistir en observaciones cuantitativas, es decir, en medidas de las magnitudes que intervienen en el experimento.

En el caso que nos ocupa, el experimento que proponemos a nuestro conductor es el siguiente. Pesamos a un amigo común, Pedro, cuando está completamente quieto, con velocidad nula y anotamos el resultado, P_0. A continuación nos subimos los tres a un vehículo que vaya a gran velocidad (por ejemplo trescientos kilómetros por hora) y volvemos a pesarlo. Si el resultado P_v es igual a P_0, la hipótesis de Foster y de Juan es falsa. Si, por el contrario, P_0 es mayor que P_v, la hipótsis es correcta.

Dicho y hecho. Nos proveemos de una báscula y nos encaminamos los tres a la estación de tren alta velocidad Madrid -Sevilla. En el andén nuestro amigo, que es muy corpulento, se sube a la báscula y anotamos su peso, P_0=107,5 kilogramos.

Subimos al tren y esperamos en el bar, tomándonos un refresco, a que el tren adquiera su velocidad de crucero. Cuando llegamos a la recta de los Yébenes, el AVE circula a su máxima velocidad: 300 kilómetros por hora; es el momento adecuado para volver a pesar a nuestro amigo. Se sube de nuevo a la báscula y observamos la indicación de la aguja: 107, 5 Kgs. Exactamente lo mismo que en el andén. No cabe ninguna duda: **Foster y Juan están equivocados**.

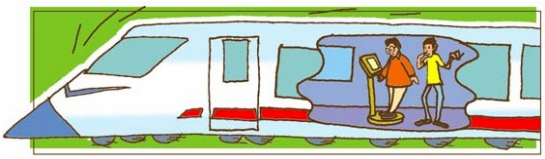
Juan y Pedro se quedan pensativos. No acaban de creérselo. En cambio los que trabajaban en el bar, a los que no hemos tenido más remedio que contarles nuestro experimento, toman a broma su duda.

- Si las cosas disminuyesen de peso con la velocidad, nos dicen, nosotros nos arruinaríamos. Tendríamos que comprar en Madrid botellas de un litro y venderlas aquí como de medio litro.

Pedro no se acaba de convencer.

- Puede que todos los objetos que van en el tren, los pasajeros, las botellas e incluso la báscula, disminuyan de peso y por eso no nos demos cuenta.

No se rinde a la evidencia y sigue maquinando otras hipótesis más complicadas que expliquen, no sólo el menor peso de los cuerpos en movimiento, sino también las medidas erróneas de las básculas.



4. ANA Y SUS ALUMNOS

Una clase de niños de diez años, en cualquier ciudad del mundo. (Es un caso real que se cita en *Science for all Children*).

Cuando Ana entró en su clase, los alumnos la saludaron con regocijo. Estaban llevando a cabo un plan de investigación dirigido por ella, sobre la naturaleza del calor, que duraría un trimestre. Y el trabajo de investigación, con sus experimentos, sus discusiones, sus trabajos para casa, sus preguntas a sus padres y la exposición de sus actividades era, sin lugar a dudas, lo más divertido de la escuela.

Ana comenzó la clase de ciencia con una pregunta: -¿Cómo se produce calor?

Para su sorpresa, los niños contestaron como si hubiesen estado preparando la respuesta todos juntos:

- Los abrigos, los plumas, las bufandas, las mantas,...

Después de haber vivido los inviernos de sus nueve años de vida oyendo a sus padres repetirlos, *niño ponte el jersey y el abrigo para salir a la calle*, estaban convencidos de que las prendas de esa clase producían calor. Ana quedó un poco desconcertada. Estaba preparada para explicarles como se producía el calor que despedían los radiadores, el aire condicionado, el fuego de las chimeneas e incluso por qué los gatos daban calor. Pero no había pensado en la posibilidad de la respuesta tan… tan… tan de sentido común.

Ella se mostró extrañada, dijo que no se lo creía y pidió razones que apoyaran sus afirmaciones. Los niños creyeron que su maestra, que tenía que saber algo tan evidente, quería iniciar una discusión científica sobre la observación y se las proporcionaron rápidamente:

- Si me pongo un jersey no paso frío. Si me pongo el jersey y el plumas, tengo calor. Si me quito el jersey y el plumas, paso mucho frío. La conclusión no deja lugar a dudas.

Ana pensó con rapidez. Tenía que haber alguna forma de sacar a aquellos pequeños científicos de su equivocación. La pregunta inicial

estaba pensada como *provocación,* para despertar el interés por los temas de calor y temperatura y la respuesta de los niños había desbaratado su cuidadoso proyecto para el aula. Ana no podía utilizar el programa que había preparado.

Así pues, el primer punto de su estrategia sería el de destruir el preconcepto de sus alumnos sobre el tema de las prendas de abrigo. Mentalmente rehizo su esquema. En vez de partir de la hipótesis de que sus niños tenían un conocimiento nulo, tenía que asumir que partía de una situación distinta: *los niños tenían conceptos equivocados*. El primer objetivo debería ser destruir el preconcepto del jersey.

Tras una semana de actividades dirigidas a adquirir un conocimiento operacional de la temperatura de sólidos y líquidos, en la que aprendieron a utilizar los termómetros, la profesora volvió a plantear su pregunta: ¿cómo se calientan las cosas? Y obtuvo la misma respuesta: arropándolas muy bien, con mantas, abrigos y bufandas.

Ana les dijo que no era así y que podía demostrárselo. Para ello, inventarían entre todos un experimento. Sería un experimento científico en toda regla, que dejase convencidos a la profesora y a los alumnos. Una niña propuso acostar a Micifuz, el gato de la escuela, en una cama, taparlo bien con una manta y medir la temperatura con un termómetro.

Se discutió y se discutió y por fin, dado el carácter poco colaborador con la ciencia que siempre han mostrado los gatos, se desestimó la propuesta. Micifuz era buen amigo de los niños, pero no solía dejarse dirigir. Era caprichoso e independiente y tenía unas uñas muy afiladas. Tras varias propuestas triunfó la de realizar el experimento con el gran oso de peluche que había en la clase de los niños más pequeños. Teddy seguro que colaboraría y se dejaría poner el termómetro sin protestar.

Pensaron el experimento entre todos. Irían a la clase de los más pequeños y les pedirían el oso. Explicarían a la profesora para qué lo querían, de manera que viese que el animal no iba a sufrir daño alguno.

Después llevarían a Teddy a su clase, lo pondrían dos o tres jerséis (Teddy era de la misma talla que ellos) y lo taparían con una manta. Después le pondrían el termómetro de alcohol rojo debajo del brazo, de manera que asomase la columna para poder observar como el termómetro iba a indicando más y más temperatura. Pero eso lo harían el lunes porque la clase de ciencias, lamentablemente, se terminaba y era viernes.

El lunes, cuando entró Ana en su clase los niños ya tenían preparado a Teddy y le estaban poniendo su segundo jersey. Con ayuda de la maestra lo taparon con una manta, dejando solo la cabeza fuera, y le colocaron el termómetro gigante de alcohol rojo debajo del brazo, que marcaba los 22 grados a que se encontraba la clase. Y esperaron.

Con la vista fija en el termómetro siguieron esperando, pero el termómetro no subía.

Al cuarto de hora de iniciado el experimento empezaron a sospechar que podía no subir nunca.

Los más impacientes vieron algunos defectos al proceso:

- Teddy no estaba bien tapado.

- Por el agujero del termómetro entra aire y se enfría el oso.

- Sería mejor taparlo completamente y esperar hasta el final de la clase.

Así lo hicieron, pero tres cuartos de hora más tarde el termómetro que pusieron a Teddy marcaba la misma temperatura.

Para sorpresa de Ana, cuando preguntó qué había pasado con Teddy, los dos jerséis, la manta y el termómetro, ningún niño contestó lo que era obvio y evidente: *la ropa no calienta*. Cada uno salió con una explicación más o menos peregrina, que tendría que ser discutida y comprobada:

- El termómetro no funciona.
- Los jerséis sólo dan calor en la calle.
- Los osos no se calientan nunca.
- La manta era vieja y estaba rota. En su casa las mantas son nuevas y calientan, etcétera, etcétera.

Ana quedó impresionada: Apuntó todas aquellas preguntas en su diario de clase y pensó en otros experimentos que demostrasen que el termómetro funcionaba, que los jerséis tampoco daban calor en la calle, que el oso sí podía calentarse, etcétera. Y, mentalmente, volvió a modificar su proyecto de investigación sobre el calor. Realmente iba a ser un proyecto muy poco monótono.

5. GALILEO Y LA TIERRA INMÓVIL

Galileo Galilei fue el primero en llegar a su tertulia de los sábados. Pidió una jarra de vino y un vaso y se quedó pensativo, esperando a sus contertulios. Recordó cómo construyó su primer telescopio, con una

lente divergente cerca del ojo y una convergente en el otro extremo del tubo de plomo. Y la emoción con que hizo sus primeros ensayos, mirando desde su ventana una cruz dibujada en una pared lejana, tal vez parte de un vía crucis. Y recordó la curiosidad con que dirigió aquel artefacto maravilloso al cielo. Y cómo vio la luna con sus montes y sus valles. Pero, sobre todo, recordó su sorpresa al descubrir nuevas estrellas en el cielo. Estrellas menos brillantes que las que se veían a simple vista, pero que con ayuda del telescopio se hacían visibles y se podían situar en el espacio.

La existencia de esas estrellas nunca vistas implicaba que en la esfera de las estrellas fijas había muchas más de las catalogadas, pero menos brillantes. Aunque también podía ser que se tratara de estrellas igual de brillantes pero más lejanas, fijas en otras esferas de estrellas en las que nadie había pensado.

Galileo Galilei

Pero esa noche de sábado traía la noticia más impresionante de los últimos 2000 años. Algo que iba a revolucionar las ideas cosmológicas admitidas desde el tiempo de Pitágoras.

Él, Galileo Galilei, con su telescopio, había visto que más allá de la esfera de la Luna había cuerpos que se movían. *Había visto que el planeta Júpiter tenía satélites, satélites en movimiento*. En cuanto llegaran sus amigos y se lo contara, sin duda verían con claridad que Aristóteles estaba equivocado. Y lo podría ver todo el mundo sin más que mirar por su telescopio. Incluso el Papa, al verlo, probablemente le nombrase primer astrónomo de Roma, con un buen sueldo.

Sus amigos fueron llegando y acomodándose en torno a la mesa. Cuando hubieron llegado todos Galileo, con un aire transcendente, les comunicó su gran descubrimiento:

- Queridos amigos, mirando con mi telescopio he visto he visto que Júpiter, el planeta Júpiter, tiene cuatro lunas. Y puede verse perfectamente como cambian de posición y medir fácilmente sus periodos. Como comprenderéis, este hecho es de gran trascendencia, porque demuestra que el modelo cosmológico de Aristóteles es falso. Los cuerpos celestes se mueven, aunque se encuentren más allá de la esfera de la Luna. Si queréis podemos verlo ahora mismo, desde mi terraza.

Galileo recorrió con la vista las caras de sus amigos. La mirada de admiración que él esperaba no aparecía en ninguno de ellos. Puede que no se lo hubiese explicado bien. También podría ser que no hubiesen digerido la noticia, dado el impacto que sin duda les había producido.

- ¿Has limpiado bien las lentes? -preguntó uno de los contertulios-. En Florencia hay muchas obras y tenemos polvo por todas partes.

Otro de sus amigos le dijo:

- Tenemos observaciones del cielo desde el tiempo de los egipcios. Hay noticias escritas de eclipses del tiempo de los griegos que coinciden con los cálculos que hemos hecho siguiendo el modelo de Ptolomeo. No querrás tirar todas esas observaciones por la borda, simplemente porque has visto moverse cuatro puntos en el cielo, mirando por un tubo de plomo que has fabricado tu mismo.
- Estás loco... -dijo un tercero-. Lo que dices es un insulto a Aristóteles y, por tanto, a toda la escolástica. Si yo estuviese en tu

pellejo, procuraría que tus observaciones no llegase a oídos del Papa. Ya tienes bastantes enemigos.

Galileo palideció. Todo lo que le decían sus amigos era cierto. Sin embargo, los satélites de Júpiter se movían. Y si se movían los satélites de Júpiter también podía moverse la Tierra. Pero comprendió que la cosa no iba a ser fácil como él había imaginado…

6. LA MAGIA DEL CIRCO

Salí con los niños cogidos de la mano. Había terminado el curso y me habían pedido que los llevara al circo y, como eran buenos estudiantes, no me podía negar. Ellos iban comentando las incidencias de la representación:

- Me encantaría ser mago -dijo mi sobrino- ¿Te imaginas lo que sería poder sacar palomas de la gorra?
- Pero eso es no es más que un truco - intervine yo en mi calidad de adulto-.

Los niños me miraron con extrañeza:

- ¿Cómo puedes decir eso?
- ¿No viste cómo el mago adivinó el color de tu corbata con los ojos vendados?
- Y la venda era muy gruesa. Yo la toqué y comprobé que no se podía ver a través de ella.

- Eso no son más que trucos - insistí yo – Nadie puede adivinar las cosas. Es una facultad que el hombre no tiene.

Los niños se miraban sin comprender. De repente se hizo la luz en sus cerebros:

- Ya sé lo que te pasa –dijo mi sobrino- Ana nos lo ha contado en clase. Cuando alguien no cree en los resultados de las observaciones de los experimentos, es porque tiene preconceptos. Pero no te preocupes, sentenció, eso tiene arreglo.

Me quedé sin argumentos y casi sin habla. Tendría que hablar con Ana. Desde luego, este asunto de los preconceptos no tiene una solución fácil...

7. UNA VISIÓN POST-ESTRUCTURALISTA DEL CONOCIMIENTO

La idea de Deconstrucción de Derrida

Jacques Derrida entró en la historia de la filosofía en 1966, con una conferencia que pronunció en la Universidad John Hopkins titulada *La estructura, el signo y el juego en el discurso de las ciencias humanas*. Derrida puso en tela de juicio la historia de la filosofía occidental. Para él, las diferentes escuelas filosóficas son visiones del mundo centradas en un sistema de valores que excluye a priori (o que incluso no deja ver) el sistema complementario. Y Derrida, último en hablar en el congreso sobre estructuralismo de 1966, cuestionó la estabilidad de las *estructuras centradas*. No dejan ver más que un sistema de pensamiento, una forma de ver el mundo, difuminando el sistema opuesto.

Nuestra particular interpretación de la aportación de Derrida es la de ver en ella una generalización de la idea de Khun sobre las revoluciones de cambio de paradigma.

Derrida proyecta en el ser humano lo que Kuhn ve en la historia de la ciencia, desentrañando la naturaleza de la reacción, siempre contraria y a veces violenta, con que las comunidades afectadas han acogido en casi todos los casos una idea revolucionaria.

Para Derrida, el paradigma es un marco psicológico que, como unas gafas interpuestas entre el pensamiento y la realidad, impiden ver el mundo de una forma nueva. La idea se ilustra particularmente bien con la conocida imagen de la copa y las caras que todos hemos estudiado en la asignatura de Psicología.

El cerebro funciona de tal manera que si vemos la copa no podemos ver la figura de la cara, y viceversa. En el ejemplo de la revolución galileana, podemos suponer que la comunidad científica estaba dividida entre aristotélicos y copernicanos, que en nuestro ejemplo corresponderían a *copistas y caristas*.

Sólo después de un periodo de convulsión, donde incluso la inquisición jugó su papel, los *copistas* fueron capaces de *ver* las caras, produciéndose un avance cualitativo de la ciencia, ***un cambio de paradigma***. Y es que, una vez que descubrimos la presencia de las caras, no podemos explicarnos como podíamos no haber reparado en ellas.

Derrida, en su conferencia y obra posterior, expone su idea: lo fundamental en una revolución, lo que realmente hace que sea un proceso difícil, no es descubrir y construir aquello que es nuevo sino destruir (él lo llama *deconstruir*) el conocimiento erróneo anterior. Es lo que corresponde a lo que en enseñanza se llaman preconceptos.

En la historia de la ciencia, la *deconstrucción* de las viejas ideas solo se consigue por la combinación de experimentos cruciales, como el de Eddington o el de Michelson, con los discursos de un Galileo o un Einstein y, probablemente, con el relevo de una generación por otra, como decía Lord Kelvin.

Son muchos los ejemplos de esta dificultad de cambiar de paradigma en las actividades humanas. La teoría de la evolución del Darwin, la igualdad de hombres y mujeres, de las diferentes razas, la injusticia de la esclavitud, etcétera, son ideas que ahora no extrañan a nadie pero que costó que se aceptasen más que lo que en este momento parece razonable.

Con esta imagen de la filosofía, cuando Copérnico empezó a trabajar en Astronomía principios del siglo XVI, se encontró con un cosmología vigente basada en el geocentrismo, que podemos representar por el paradigma de los peces. Él fue el primero en ver el pato. Pero, a pesar de explicarlo claramente en su libro, debieron de pasar casi cien años para que su modelo fuese aceptado.

De acuerdo con Derrida, Copérnico tuvo que investigar la parte inferior de la imagen de Escher hasta descubrir el perfil del pato, oculto y disimulado entre los peces, tan difícil de descubrir como la famosa rana de la puerta de la universidad de Salamanca. El resto fue sencillo. En 1543 publicó su obra y en 1609 Kepler publicó sus dos primeras leyes. El mundo podía *ver* claramente las figuras de los patos.

Monarquía-nobleza	**Carta magna**
Nobleza-Burguesía	**Cronwel y R.Francesa**
Burguesía-proletariado	**Marxismo**
Mundo industrial-Tercer mundo	**Actual**
Hombre-mujer	**Feminismo**
Raza blanca-negra	**Racismo**
Obrero agrícola-obrero industrial	**Revolución china**

Para Derrida esta situación es la misma para cualquier sistema binario de valores, como los representados en la tabla, donde hemos representado en una columna el sistema binario cuyo balance se modifica y en la otra el nombre de la revolución que produjo el cambio de paradigma.

Derrida, como hemos dicho, llama al proceso de desmontar el sistema filosófico *decostrucción*. Una palabra semejante había sido ya empleada por Heiddegger para alejarse de la vieja tradición ontológica, para fijarse en aspectos más aparentes. Y antes, mucho antes, por Algazel y Averroes.

Ya hemos tratado el caso de la historia de la ciencia. Pero también queremos llamar la atención sobre el proceso paralelo que tiene lugar en la enseñanza. Dado que, como hemos indicado anteriormente, la mente humana sigue un proceso de desarrollo muy dependiente de la edad, debemos llevar a cabo un análisis cuidadoso de la situación

antes de introducir un concepto nuevo. ¿Tiene el alumno la madurez necesaria para recibirlo? Si la respuesta es positiva debemos determinar las ideas que tiene y los prejuicios que puede presentar. Una vez descubiertos estos prejuicios, intentaremos deconstruirlos, de la forma más suave que esté a nuestro alcance. Pero si el alumno no ha llegado al grado de madurez necesario, deberemos tener paciencia y esperar el momento oportuno. Recordemos que este proceso, aunque ocurre por interacción con el mundo real es también, como todo proceso de aprendizaje, un proceso personal.

EPÍLOGO

ALGO URGENTE: UNA REVOLUCIÓN EN LA ENSEÑANZA DE INFANTIL Y PRIMARIA

En un sondeo llevado a cabo por nuestro grupo entre profesores en activo, la actitud general que hemos detectado es la de extrañeza y, en algunos casos, incluso indignación ante la idea de enseñar ciencia en la escuela: ciencia en Infantil y Primaria, ¡pobrecitos niños!, actitud que nos hace recordar otras semejantes, afortunadamente sobrepasadas, sobre el trabajo de la mujer y problemas similares.

El resto de los maestros, aunque reconocían las ventajas de la enseñanza de la ciencia en la escuela, veían muy difícil su realización debido a la falta de preparación de los profesores.

Es necesario, pues, cambiar la manera de pensar de todo el estamento; es necesaria una auténtica revolución, en el sentido de Khun para cambiar el paradigma imperante. Deben cambiar las actitudes y deben proporcionarse los instrumentos necesarios, tanto de conocimientos como de medios para hacer su tarea cómoda y efectiva. Y como son cuatro las columnas que mantienen y dan forma a la enseñanza: maestros, alumnos, currículum y sociedad, cualquier propuesta de cambio debe tener en cuenta estos cuatro elementos.

BIBLIOGRAFÍA

- **CARNAP, R.** *"An Introduction to the Philosophy of Science"*. Dover Publications. (1995).

- **CHALMERS, A.** *"La Ciencia y cómo se elabora".* Siglo XXI de España Editores, S.A. (1992).
- **CHALMERS, A.** *"¿Qué es esa Cosa Llamada Ciencia?".* Siglo XXI. Madrid. (1982)
- **CHOMSKY, N.** *"Estructuras sintácticas"*.Editorial Gredos. (1974).
- **DERRIDA, J.** *"La escritura y la diferencia".* Anthropos, Editorial del Hombre. (1989).
- **EAGLETON, F.** *"Una introducción a la teoría literaria".* Fondo de Cultura Económica de España, S.L. (1993).
- **EINSTEIN, A.** *"De mis últimos años".* Aguilar, S.A. de Ediciones-Grupo Santillana (1969).
- **EINSTEIN, A.** *"Mis ideas y opiniones".* Editorial Bosch, S.A. (1980)
- **FEYNMAN, R.** *"El carácter de la ley física".* Antoni Bosch Editor, S.A. (1983).
- **FEYNMAN, R.** *"El placer de descubrir".* Editorial Crítica**.** (2000)
- **FEYNMAN, R.** *"¿Qué significa todo esto?".* Editorial Crítica. (1999).
- **JAKOBSON, R; HALLE, M.** *"Fundamentos del lenguaje".* Editorial Ayuso. (1974).
- **JAKOBSON, R.** *"Lenguaje infantil y afasia".* Editorial Ayuso. (1974).
- **KHUN, T.** *"La estructura de las revoluciones científicas".* Editorial Fondo de Cultura Económica. México. (1971)
- **KOESTLER, A.** *"Los sonámbulos" Tomos I y II.* Salvat Editores, S.A. (1994)**.**

- **LEVI-STRAUSS, C.** *"Antropología estructural".* Ediciones Altaya, S.A. (1994).
- **PIAGET, J.** *"La causalidad física en el niño".* Espasa-Calpe, Madrid.
- **PIAGET, J.** *"La Epistemología genética".* Editorial Debate.1986.
- **PIAGET, J.** *"El lenguaje y el pensamiento niño pequeño".* Editorial Paidós
- **PIAGET, J.** *"La representación del mundo en el niño"***.** Ediciones Morata, S.L. (2001)
- **PLATÓN.** *"Menón"***.** Ediciones Istmo, S.A. 1999.
- **POINCARÉ, H.** *"Ciencia y método".* Espasa-Calpe. Madrid.
- **POINCARÉ, H.** *"La ciencia y la hipótesis".* Espasa-Calpe. Madrid. 2002.
- **POINCARÉ, H.** *"El valor de la ciencia".* Espasa-Calpe. Madrid.
- **SAUSSURE, F.** *"Curso de lingüística general"***.** Ediciones Akal, S.A. (1991)
- **SILVER, B. L.** *"The ascent of science".* Oxford University Press, New York. (1998).
- **WITTGESTEIN, L.** *"Tractatus logico-philosophicus".* Alianza Editorial. (2002).
- **WITTGESTEIN, L.** *"Investigaciones filosóficas".* Editorial Crítica. (1988).

Serie EDUCADORES

La Naturaleza del Conocimiento

Existe una diferencia entre los seres humanos y los demás compañeros con los que compartimos nuestro planeta: la gran capacidad de transmitirnos conocimientos, es decir, de enseñar y aprender. Y ambas actitudes, la de maestro y discípulo, son igualmente innatas en nuestra especie: el que sabe enseña y el que tiene la oportunidad, aprende.

Esta inclinación, que podríamos llamar "el instinto de aprender", marca una diferencia esencial en la historia de nuestra especie. En tanto que la Naturaleza necesitó un millón de años para transformar un dinosaurio en un animal capaz de volar, o un pez en un ser que pudiese desenvolverse en tierra firme, en tan sólo unos miles de años los seres humanos hemos pasado de recolectores de frutos a adentrarnos en las profundidades de los mares y volar por los cielos, e incluso a viajar a la luna y volver. Y es que con nosotros la Naturaleza empleó una forma nueva de evolución, dotándonos del instinto de aprender en un grado mucho más desarrollado que en los demás animales.

Este libro, dirigido a los maestros, trata de la naturaleza del conocimiento y de la evolución histórica de este concepto.

José María López Sancho es Profesor de Investigación del Instituto de Matemáticas y Física Fundamental del CSIC. Se ha dedicado a la investigación desde 1966, en los campos de ciencia de materiales, electrónica y estado sólido, simultaneando esta labor con la didáctica de las ciencias. En la actualidad dirige el Grupo de Didáctica del Instituto de Matemáticas y Física Fundamental del CSIC y colabora con el CES Don Bosco y otros centros oficiales en la formación científica de los maestros.

FECYT
FUNDACIÓN ESPAÑOLA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

EDITORIAL CCS
Alcalá, 166 / 28028 MADRID
☎ 91 725 20 00 / 91 726 25 70
www.editorialccs.com / c.e.: sei@editorialccs.com

donbosco CES

ISBN 84-8316-673-9
9 788483 166734